VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

VYHODNOCENÍ PROVOZU TLAKOVÉ KANALIZACE OBCE ŠTĚPÁNOVICE

ASSESSMENT OF OPERATION OF THE PRESSURE SEWERAGE SYSTEM OF THE MUNICIPALITY ŠTĚPÁNOVICE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE Bc. LUBOŠ LAKSAR
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE Ing. JAN RUČKA, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2012

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. Luboš Laksar
Název	Vyhodnocení provozu tlakové kanalizace obce Štěpánovice
Vedoucí diplomové práce	Ing. Jan Ručka, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2011
Datum odevzdání diplomové práce	13. 1. 2012

V Brně dne 31. 3. 2011

.....	.....
doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.	prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Vedoucí ústavu	Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

1) BERÁNEK, Josef; PRAX, Petr. Tlaková kanalizace. Vyd. 1. Brno : NOEL 2000 s.r.o., 1998. 110 s. ISBN 80-86020-08-8.

2) CARCICH, Italo G. Pressure Sewer System Demonstration [online]. Washington, D.C. : Office of Research and Monitoring, 1972. Dostupné z WWW: nepis.epa.gov.

3) Wastewater Technology Fact Sheet : Sewers, Pressure. In MEYERS, F.E. [online]. Niskayuna, NY : EPA U.S., 9/2002. Dostupné z WWW: nepis.epa.gov. EPA 832-F-02-006.

4) ČSN EN 1671. Venkovní tlakové systémy stokových sítí. Praha : Český normalizační institut, 1998

Zásady pro vypracování

Předmětem práce bude vyhodnocení provozu tlakové kanalizace obce Štěpánovice. Po provedení úvodní rešerše dostupné literatury provede student vyhodnocení poruchovosti stokového systému a analýzu průběhu odtoku odpadní vody během dne. V rámci práce bude proveden dlouhodobý monitoring stokové sítě jehož součástí bude také praktické ověření skutečného pracovního bodu čerpadla.

Předepsané přílohy

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací

.....

Ing. Jan Ručka, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá popisem tlakového systému stokových sítí. Především se zaměřuje na vyhodnocení provozu tlakové kanalizace v obci Štěpánovice, kde byl vyhodnocován tlak na síti, průtok odpadní vody, kvalita odpadní vody a poruchovost systému.

KLÍČOVÁ SLOVA

Tlakový systém stokových sítí
Čerpací jímka
Čerpadlo
Tlak
Průtok
Kvalita odpadní vody
Poruchovost

ABSTRACT

This thesis deals with the description of the pressure sewerage systems. Primarily focuses on the assessment of operation of the pressure sewerage system of the municipality Štěpánovice, where he was evaluated on the network pressure, flow of waste water, waste water quality and system silure rate.

Keywords

Pressure sewerage systems
Pumping shaft
Pump
Pressure
Flow
Quality of wastewater
Failure rate

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

LAKSAR, Luboš. *Vyhodnocení provozu tlakové kanalizace obce Štěpánovice*. Brno, 2012. 74 s., 2 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Jan Ručka, Ph.D..

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně, a že jsem uvedl všechny použité, informační zdroje.

V Brně dne 13.1.2012

……

Bc. Luboš Laksar

PODĚKOVÁNÍ

Úvodem této diplomové práce bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli potřebné informace k dané problematice. Zejména vedení obce Štěpánovice, které mi umožnilo provést měření a poskytlo podklady. Dále děkuji svému vedoucímu diplomové práce Ing. Janu Ručkovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky.

OBSAH

1 ÚVOD 3

1.1 Historie 4

1.2 Současný stav poznání 4

1.3 Cíl práce 5

2 PRINCIP TSS 6

3 VYHODNOCENÍ PROVOZU TSS VE ŠTĚPÁNOVICÍCH 11

3.1 Popis obce 11

3.2 Popis systému 12
3.2.1 Trubní síť 12
3.2.2 Čerpadlo a ČJ 16
3.2.3 Měření průtoku 18

3.3 Vyhodnocení tlaků na TSS 22
3.3.1 Měrná kampaň 22
3.3.2 Způsob vyhodnocení dat 24

3.4 Vyhodnocení průtoků na TSS 37
3.4.1 Vyhodnocení dat manuálně 38
3.4.2 Vyhodnocení dat pomocí softwaru 41

3.5 Vyhodnocení jakosti odpadní vody 43
3.5.1 Složení odpadní vody 43
3.5.2 Vliv dusičnanů a metanu na systém TSS 44
3.5.3 Legislativa pro hodnocení jakosti odpadní vody 45
3.5.4 Vyhodnocení odpadní vody v obci Štěpánovice 49
3.5.5 Doba zdržení odpadní vody 50

3.6 Ověření pracovního bodu čerpadla 53
3.6.1 Měření 53
3.6.2 Výpočet 54
3.6.3 Vyhodnocení 55

3.7 Vyhodnocení poruchovosti TSS 56

4 DISKUZE 59

5 ZÁVĚR 60

6 POUŽITÁ LITERATURA 61

SEZNAM TABULEK 63

SEZNAM OBRÁZKŮ 64

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ 66

SEZNAM PŘÍLOH 67

SUMMARY 68

1 ÚVOD

Tlaková kanalizace patří do oboru stokování. Jejímž účelem je odvedení splaškových odpadních vod ze zájmové oblasti. Jedná se o alternativní způsob odkanalizování, kde nelze použít tradičního způsobu pro odvedení splaškových a průmyslových odpadních vod.

Proto se tlaková kanalizace hodně využívá:

- rozptýlená zástavba (řídká zástavba na území obce)
- obec je rozdělena na několik dílčích povodí s jednou ČOV
- reliéf území (objekt je „utopen“ – nelze gravitačně napojit na stoku)
- špatné geologické podmínky (vysoká hladina podzemní vody, tekuté písky, skalní podloží, poddolované území)
- četné křížení s vodními toky, železnicí, inženýrskými sítěmi

Použití tlakové kanalizace v těchto případech vede ke snížení investičních nákladů a zrychlení výstavby (Tab. 1.1). (LAKSAR, 2009)

Tab. 1.1 Porovnání gravitační a tlakové kanalizace

Gravitační kanalizace		**Tlaková kanalizace**	
výhody	nevýhody	výhody	nevýhody
jednoduchost a spolehlivost	zahloubení kanalizace	uložení potrubí cca 1,3 m pod terénem	u každé nemovitosti nutno vybudovat čerpací jímku (ČJ)
přečerpávání jen v nejnutnějších případech	vyšší ekonom. náklady na realizaci	bezúdržbový provoz trubní sítě	napojení čerpacích šachet na elektrickou energii
téměř bezúdržbový provoz na několik desítek let	velká četnost revizních objektů	menší investiční náklady	vyšší nároky na provozování (kontrola ČJ, čerpadla a ovládání)
		nehrozí infiltrace balastní vody	havarijní údržba - velké množství čerpadel – nutná rezerva
		nezávislost na sklonu terénu	použití pouze pro splaškové odpadní vody

1.1 HISTORIE

Za průkopnický projekt tlakové kanalizace je v USA považován návrh systému odvodnění 42 domů v Radcliffu. Montimer Clift zde navrhl a nechal patentovat (patent 1965) systém vybavený pneumatickými ejektory s mělniči, tlakovými přípojkami profilu 75 a hlavním tlakovým řadem DN 100. Systém nebyl použit kvůli problémům s technickým zařízením. Ty však časem přestaly být nepřekonatelnou překážkou, a proto se projekt stal vzorovým konceptem tlakové kanalizace v dalších letech. Vývoj tlakových kanalizací v USA zastřešila US EPA (United States Environmetal Protection Agency) a federálně dotovaný program Clean Water Act (1977), který podporoval mnoho nadějných alternativních kanalizačních projektů. Díky společným aktivitám vládních organizací a Americam Society of Civil Engineers (ASCE) byl proveden experimentální výzkum na řadě realizovaných tlakových kanalizací, ze kterého je možno čerpat údaje o spolehlivosti a provozních nákladech různých tlakových systémů. Souhrnné zprávy z výzkumu spadají do 80-tých let. Celá řada tlakových kanalizací byla realizována také na území Kanady, Maďarska (systém PRESSKAN) a Slovenska. (BERÁNEK, 1998) V České republice se tlaková kanalizace rozšiřuje od 1. poloviny devadesátých let. (LAKSAR, 2009)

1.2 SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ

Začátkem použití TSS v České republice bylo hledání alternativních způsobů odkanalizování obcí, kde nebylo možno použít klasický gravitační systém nebo by jeho vybudování a provoz byl nákladný. Často se jednalo o obce v rovinatém terénu, kde by se musela budovat řada centrálních čerpacích stanic a kmenové stoky by byly umístěny ve velké hloubce i pod úrovní hladiny podzemní vody. Dále nutnost přečerpání odpadní vody z nemovitosti do kmenové stoky.

S alternativním způsobem odkanalizování se na český trh dostala řada dodavatelů TSS. Kvalita TSS se následně projevila při jejich provozu. Problémy s provozováním prvních systémů vzbudily u provozovatelů nedůvěru k tomuto alternativnímu způsobu odkanalizování. Provozovatelé odmítali převzít do svého provozu nové či projektované TSS. Hlavním problémem při provozu TSS byla poruchovost čerpadel, elektroinstalace, výskyt zápachu na výtoku z tlakového potrubí do gravitačního nebo provoz tlakových stokových sítí. Ze zkušeností provozovatelů ve spolupráci s projektanty došlo ke zlepšení provozu tlakových stokových sítí. Technické úpravy na TSS a nové projekty TSS jsou dnes často provedeny dle místní zvyklosti daného provozovatele nebo obohaceny o zkušenosti z jiných míst.

Nejvíce změn se při projektování a výrobě provedlo u čerpacích jímek a jejich vystrojení. Jedná se například o používané materiály, kde se vzhledem k agresivnímu prostředí doporučuje používat nerezové materiály nebo výrobky z plastů. Kovové

materiály podléhaly korozi a ohrožovaly provozuschopnost čerpací jímky u nemovitosti. Dále se úpravy zaměřily na elektroinstalaci, zejména na izolaci spojů proti korozi a vniknutí vlhkosti. Pro odstranění výskytu zápachu se na stávajících čerpacích jímkách upravovalo snímání hladiny odpadní vody a to tak, aby v čerpací jímce zůstávalo minimální zbytkové množství odpadní vody. Jinou možností pro snížení množství odpadní vody a tím i doby zdržení v čerpací jímce je její technická úprava, která například spočívá v zúžení prostoru kolem čerpadla nebo prohloubení části dna čerpací jímky. Změnou na tlakovém potrubí je osazování armatur a to přidáním uzavíracích armatur na přípojky nebo proplachovací armatury na konce větví a v uzlech pro možnost čištění tlakového potrubí. Jako proplachovací médium se používá voda nebo vzduch. Proplachování slouží v případech, kdy není zajištěna minimální průtočná rychlost v potrubí a může dojít k zanášení systému nebo nedodržení maximální doby zdržení odpadní vody. V některých případech se na tlakové potrubí osazuje zařízení pro dávkování chemikálií ke zlepšení vlastností odpadní vody.

Důležitým hlediskem pro správný provoz TSS je důkladné proškolení pracovníků výrobcem a seznámení je s celým systémem. Dále poučení o obsluze a údržbě zařízení. Z provozních zkušeností se doporučuje alespoň 1x za rok kontrola čerpacích jímek a čerpadel.

1.3 CÍL PRÁCE

Tato práce má za úkol popsat systém tlakové kanalizace se zaměřením na vyhodnocení provozu TSS v obci Štěpánovice, kde byla použita technologie firmy NEPTUN PRESSKAN a předána obci k provozu v roce 2006. Provozovaný systém má celkovou délku 8708,5m v dimenzi potrubí PE 100 De 40-110, ke kterému je připojeno 160 čerpacích jímek. Z obce Štěpánovice je odpadní voda odváděna výtlakem dlouhým 2,0 km do obce Předklášteří, kde je zaústěna do gravitační kanalizace. Před provedením potřebných měření byl uskutečněn pohovor s obcí o systému a způsobu provozu. Následně byly na vytypovaná místa v obci namontovány tlakoměry. Měření bylo rozděleno na 2 etapy, první etapa od 3.6.20011 do 23.6.2011 a druhá etapa od 23.6.2011 do 16.7.2011, kdy byly osazeny vždy 4 tlakoměry. Pro sledování množství odpadních vod odváděných z obce je před nátokem do gravitační kanalizace na tlakovém potrubí osazen průtokoměr. Z tohoto průtokoměru byla stahována data v období od 1.11.2010 až 15.7.2011. Po naměření potřebných dat a získání informací od obce byly na TSS vyhodnocovány tlakové poměry v potrubí, průtoky odváděné odpadní vody, kvalita odpadní vody, poruchovost systému a ověření čerpaného množství z čerpací jímky.

2 PRINCIP TSS

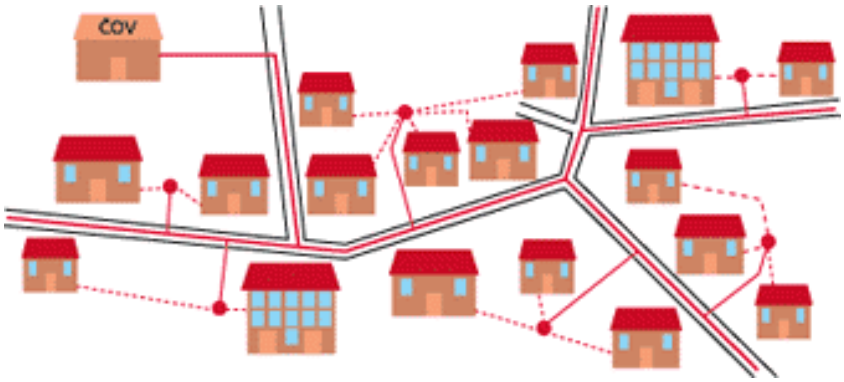
Tlaková kanalizace je založena na principu vnitřního přetlaku v trubní síti. Vnitřní přetlak v systému způsobují čerpadla umístěná v čerpacích jímkách, tyto prvky jsou nedílnou součástí kanalizace. Přetlak na trubní síti je omezen možností dopravní kapacity čerpadla, to znamená, že běžný pracovní přetlak v síti je okolo 2,5 – 5,5 bar.

Čerpací jímky můžeme rozdělit podle umístění na:

- **domovní** - slouží pro odkanalizování pouze jedné nemovitosti a jsou většinou umístěny na pozemku uživatele,

Obr. 2.1 Domovní čerpací jímka (Presskan.cz [online])

- **veřejné** – slouží pro odkanalizování několika nemovitostí a jsou zpravidla umístěny na veřejných pozemcích.



Obr. 2.2 Veřejná čerpací jímka (Presskan.cz [online])

Z hlediska provozu tlakové kanalizace je výhodnější používat domovní čerpací jímky, jednak z hlediska majetkoprávních vztahů a z důvodu vyšší poruchovosti čerpadel ve veřejných šachtách.

Přítok do čerpací jímky je domovní gravitační přípojkou. Čerpací jímka s čerpadlem je napojena na elektrickou energii z odvodňované nemovitosti nebo z veřejného elektrorozvodu. Sepnutí čerpadla v čerpací jímce je řízeno pomocí snímačů hladiny, které jsou nastaveny na vypínací a zapínací hladinu, s ohledem na počet napojených bytových jednotek a rezervou v případě poruchy nebo výpadku elektrické energie. (LAKSAR, 2009)

Tlakové systémy stokových sítí (TSS) jsou velmi přizpůsobivé pro venkovské nebo rozptýlené zástavby, kde veřejný kontakt s odpadní vodou z kanalizace představuje podstatné zdravotní riziko. Sítě tlakové kanalizace jsou vodotěsné, aby minimalizovaly únik odpadních vod. To může být důležité v oblastech pásem ochrany vodních zdrojů. Dva hlavní typy tlakových kanalizačních systémů jsou STEP (septic tank effluent pump) - mechanické předčištění a GP (grinder pump) - mělnící zařízení. Není třeba jakékoli změny vnitřní instalace v objektu.

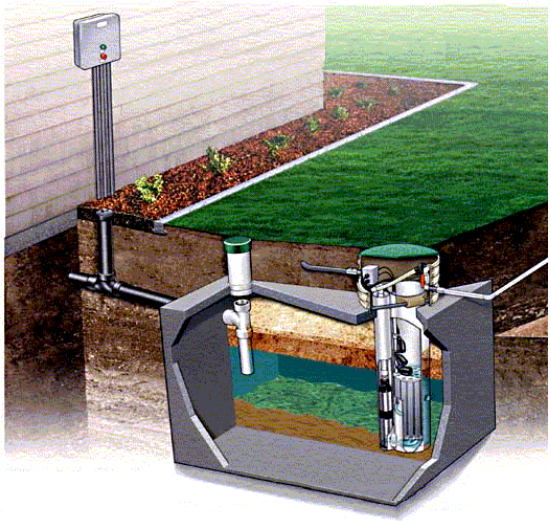
STEP systémy: odpadní voda natéká do běžného septiku pro zachycení pevných látek. Odpadní voda z odtoku do ČJ s čerpadlem a ovládáním. Odpadní voda je pak čerpána do TSS a dále na ČOV. Využití stávajících septiků může představovat úsporu nákladů, ale velmi často musí být nahrazeny nebo rozšířeny z důvodu nedostatečné kapacity, špatného technického stavu nebo netěsnosti.

V systému GP teče odpadní voda do ČJ, kde je umístěno čerpadlo s mělnícím zařízením pevných látek, které čerpá odpadní vodu do TSS. GP systémy nepotřebují septik, ale mohou vyžadovat více energie než systémy STEP, protože mělní pevné látky. Systém GP může ušetřit značné investiční náklady v oblastech, které nemají septiky nebo jsou ve špatném technickém stavu.

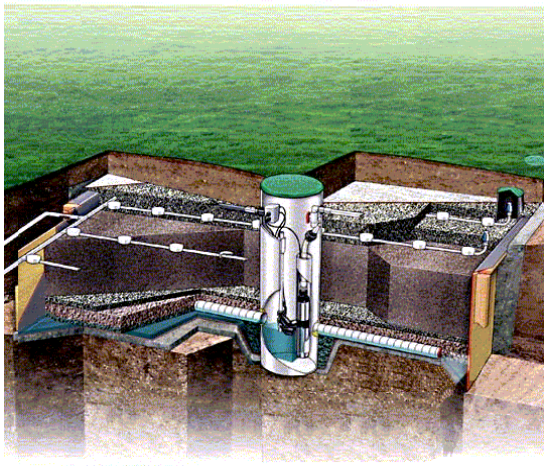
(Obr. 2.3) ukazuje typický septik s osazeným čerpadlem v odpadní vodě, zatímco (Obr. 2.4) ukazuje typické čerpadlo s mělnícím zařízením. Volba mezi GP a STEP systémem závisí na třech hlavních faktorech, jak je popsáno níže:

- **Cena:** na zařízení, včetně čerpadel a nádrží, bude třeba více než 75 procent celkových nákladů (může být až 90 procent). Existuje tedy silná motivace k použití systému s nejlevnějším zařízením. STEP systémy mohou snížit náklady proto, že umožňují využití stávajících septiků. Kromě toho, čerpadlo s mělnícím zařízením je pro svoji konstrukci a nutnost mělnit velké částice dražší. Pokud musí být nahrazeno mnoho septiků, budou náklady výrazně vyšší u STEP systém než u systém GP.

- **Následné čištění:** GP systémy produkují vyšší BSK, které nemusí být přijatelné na ČOV.
- **Nízký průtok:** STEP systém bude lépe tolerovat nízké průtoky, které se vyskytují v oblastech se sezónními výkyvy a s rozptýlenou zástavbou. Tam jsou STEP systémy lepší volbou v těchto oblastech, než GP systémy.



Obr. 2.3 STEP systém (affordableseptics.com[online])



Obr. 2.4 GP systém (affordableseptics.com[online])

Když jsou správně nainstalovány, septiky obvykle odstraní asi 50% BSK, pozastaví 75% pevných látek, prakticky všechny kusy, asi 90% tuku a tím snižují pravděpodobnost ucpání. Také dočištění odpadních vod na ČOV bude jednodušší, než u surových odpadních vod. Typické průměrné hodnoty BSK a CHSK jsou 110 mg/l a 50 mg/l. Na druhé straně septik v odpadní vodě nerozpouští kyslík.

Usazování nevyžaduje předčištění v septiku. Odpadní vody dobře reagují na aerobní čištění, ale je nutné věnovat zvláštní pozornost kontrole zápachu.

V roce 1996 obec Browns, Illinois nahradila porušené septiky systémem STEP s nízkými jednotkami a recirkulací přes štěrkový filtr. Cena byla pro obyvatele obce velkým problémem. Měsíčně platili účty nad 20 dolarů. Podmínky v obci byly špatné pro vybudování gravitační kanalizace a i investiční náklady byly příliš vysoké. Alternativní systém STEP snížil náklady pouze v průměru na 19,38 dolarů/měsíc na obyvatele a odstranil zdravotní rizika v důsledku špatných septiků.

Rutinní provoz a náklady na údržbu systémů STEP a GP jsou minimální. Malé systémy, které mají 300 a méně domů nevyžadují obsluhu na plný úvazek. Údržba může být prováděna technickými pracovníky města. Většina prací na údržbu systému vyžaduje servisní zásah obvykle s problémem elektrického ovládání nebo s ucpáním čerpadla. STEP systémy také vyžadují údržbu čerpadel každé dva - tři roky.

Vlastní údržba vyžaduje, aby personál přijal vhodná bezpečnostní opatření při provádění údržby z důvodu kontaktu s toxickými plyny, jako je sirovodík, který může být přítomen v kanalizaci, čerpadle nebo septiku. Zápach se může rozvinout v TSS v důsledku nesprávného odvzdušnění. Přidáním silného oxidačního činidla, jako chlor nebo peroxid vodíku, může být nutné k regulaci zápachu, kde odvětrání není příčinou problému. Obecně platí, že je v nejlepším zájmu obce a majitelů domů, aby byli zodpovědní za všechny části systému. Zřízení věcného břemene je potřebné pro zajištění přístupu k částem TSS, jako jsou septiky, STEP jednotky nebo jednotky GP na soukromém pozemku.

TSS jsou obecně nákladově efektivnější, než klasické gravitační kanalizace ve venkovských oblastech, protože investiční náklady pro tlakové kanalizace jsou obecně nižší než u gravitační kanalizace. Ačkoliv bylo dosaženo úspory 90% nákladů, žádná univerzální prohlášení úspor neexistují, protože každý systém je unikátní.

Nákup čerpacích stanic ve větším množství může snížit náklady až o 50 procent. Lineární náklady na sítě se můžou lišit 2-3 faktory, v závislosti na hloubce, kvalitě zásypu a potrubí.

Majitel domu odpovídá za náklady na energie, které se budou lišit v závislosti na výkonu jednotky. STEP jednotky obecně stojí méně.

Preventivní údržba by měla být provedena 1x za rok pro každou jednotku, s měsíční údržbou ostatních mechanických částí. STEP systémy vyžadují pravidelné odčerpávání septiků. Celkové náklady na provoz a údržbu jsou v průměru $ 100-200 (tj. 1800-3600 kč) za rok na jednotku a zahrnují náklady na řešení problémů, kontrolu nových zařízení a servis. Střední doba mezi servisními zásahy se liší, ale pohybuje se

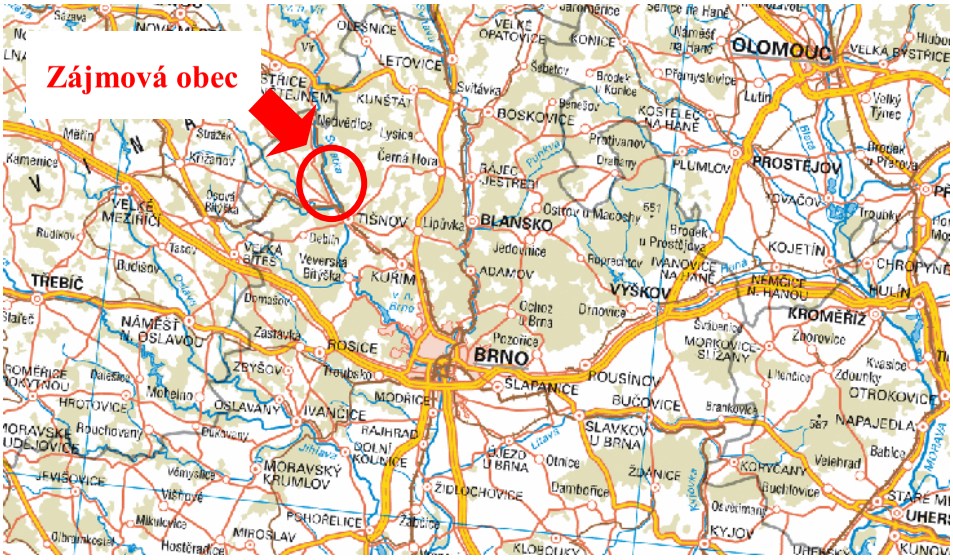
od 4 do 10 let u GP a STEP jednotky v závislosti na kvalitu prvotní instalace. (U.S. EPA, 2002)

Můžeme říci, že systém GP – s mělnícím zařízením je výhodnější a ekonomičtější než systém STEP, protože nevzniká případný zápach v předřazeném septiku, nemusíme zjišťovat či napravovat jeho možný špatný technický stav a nechávat jej pravidelně odčerpávat. V České republice jsou používány a navrhovány systémy GP – s mělnícím zařízením.

3 VYHODNOCENÍ PROVOZU TSS VE ŠTĚPÁNOVICÍCH

3.1 POPIS OBCE

Obec Štěpánovice se nachází asi 4 km od Tišnova. Obcí prochází státní silnice II/387 směr Nedvědice - Tišnov a protéká jí vodní tok Svratka. Rozsah zástavby je v rozmezí 258 – 280 m n.m, současný počet nemovitostí je 157 s výhledem rozšíření o 15 novostaveb rodinných domů. V obci Štěpánovice žije trvale cca 463 obyvatel a do obce dojíždí zhruba 30 obyvatel na rekreaci. Štěpánovice mají vlastní mateřskou školu s dovozem jídla, v současné době do mateřské školy dochází 30 dětí a 2 učitelky.



Obr. 3.1 Poloha obce Štěpánovice (Cuzk.cz [online])

Obr. 3.2 Ortofoto snímek Štěpánovic (Google.cz [online])

3.2 POPIS SYSTÉMU

Odkanalizování obce Štěpánovice pomocí tlakového stokového systému vyprojektovala firma NEPTUN PRESSKAN s.r.o. - Středisko přípravy staveb Pardubice v roce 2003. V roce 2006 byla kanalizace předána do provozu obci, která je jejím provozovatelem. Délka kanalizačního systému je 8708,2 m z materiálu PE 100 De 110 – 40. Odpadní vody z obce čerpá 160 čerpacích jímek osazených u jednotlivých nemovitostí a následně jsou odpadní vody z obce odváděny 2,0 km dlouhým výtlakem do Předklášteří. Tam odpadní voda volně natéká do gravitační kanalizace a odtéká na čistírnu odpadních vod v Březině. Pro stanovení množství odpadních vod odtékajících z obce Štěpánovice je na výtlačném potrubí před vtokem do gravitační kanalizace nainstalován indukční průtokoměr.

Čerpadla osazená v čerpacích jímkách jsou objemová od firmy NEPTUN PRESSKAN, čerpací jímky jsou betonové s maximální kapacitou 900 l pro případ výpadku elektrické energie či poruchy čerpadla. Standardní zbytkové množství odpadní vody po sepnutí čerpadla v čerpací jímce je 300 l. Čerpadla jsou napojena na elektrorozvod z domácnosti.

Výstavba tlakové kanalizace byla financována z dotací (85%) a zbylou část uhradila obec. Celkové náklady na výstavbu kanalizace byly 32,0 mil. Kč.

3.2.1 Trubní síť

Trubní síť tlakové kanalizace je provedena z PE 100 v dimenzi De 110 – 40 v celkové délce 8708,2 m (Tab. 3.1). Grafické znázornění topologie trubní sítě *viz. příloha č. 1 - Topologie TSS v obci Štěpánovice*.

Tab. 3.1 Výpis potrubí TSS

STOKA	*DÉLKA [m]*	*délka potrubí PE (m)*					
		D110	*D90*	*D75*	*D63*	*D50*	*D40*
		TLAKOVÁ KANALIZACE					
A	**3 654,0**	2467,0	29,0	805,0	186,0	167,0	
A1	**138,0**					138,0	
A2	**275,0**				198,0	77,0	
A3	**1 075,5**		406,5	137,0	282,0	250,0	
A3-1	**172,0**					172,0	
A3-2	**353,5**				353,5		
A3-3	**84,5**					84,5	
A3-4	**92,5**					92,5	
A4	**42,0**					42,0	
A5	**140,0**					140,0	
A6	**141,0**					141,0	
potrubí z ČJ	**2 540,2**					599,3	1940,9
Celkem [m]	***8 708,2***	***2467,0***	***435,5***	***942,0***	***1019,5***	***1903,3***	***1940,9***

ŘAD A:

Tento řad začíná v severní části obce Předklášteří u stávající kanalizační šachty Š15. Odtud je řad A veden v zeleném pásu do betonové šachty DN1000 s magneticko-indukčním průtokoměrem, na kterém je osazena měřící sonda a řídící jednotka MQI 99. Řad A je dále veden v zeleném pásu k potoku Loučka, pod kterým bude řad A protlačen. Dále je potrubí vedeno v souběhu se silnicí II.tř. č.385 k železničnímu náspu tratě ČD Brno - Havlíčkův Brod, pod kterým přechází protlakem. Dále je řad veden v poli v souběhu s rozvodem plynu až na začátek obce Štěpánovice. Od domu čp.129 je trasa vedena v souběhu s vodovodem v nezpevněné cestě až po čp.96, odtud je potrubí vedeno ve zpevněné cestě k chráněnému stromu, kde je proveden protlak v délce desetinásobku průměru stromu. Za domem čp.133 trasa vede v zahradě a následně podchází obecní náhon, za kterým vede v nezpevněné cestě v souběhu s náhonem, až ke komunikaci II/387, pod kterou přechází protlakem, a to i křížení pod zatrubněným náhonem. Dále je řad A od čp.2 veden v komunikaci II/387, do 1m od obrubníků až po čp.18, kde přechází protlakem na pravou stranu komunikace, odtud je uložen ve zpevněné krajnici po čp. 19. Trasa pokračuje v zahradě u čp.27 a poté přechodem pod náhonem k čp.146, odkud vede v zeleném pásu podél cyklistické stezky. Trasa řadu A za čp.152 podchází protlakem pod obecním náhonem a vede dál v zeleném pásu vedle stezky s veřejným osvětlením po novostavbu, odkud je uložena ve zpevněné krajnici stezky, a to až po autobusovou zastávku, kde tuto stezku přechází protlakem. Přes Kalský potok, vedle silničního mostku, je řad veden volně v tepelně zaizolované

ocelové chráničce (PE potrubí je obaleno tepelnou izolací t=5cm, která bude stažena hliníkovou fólií a vše bude zasunuto v ocelové chráničce), tak že nezasahuje do průtočného profilu potoka. Od mostku po čp.67 je kanalizační řad uložen v nezpevněné krajnici komunikace a dále v komunikaci po čp.59, kde je umístěn protlak přes tuto komunikaci a kanalizace je vedena v zeleném pásu podél místní komunikace k čp.131, odkud je vedení uloženo v kraji zpevněné cesty až po hranici pozemku u čp.73, kde tento řad končí.

Řad má celkem šest dimenzí – PVC-DN250, PE-D110, PE-D90, PE-D75, PE-D63, PE-D50 o celkové délce 3655,5m.

ŘAD A1:

Tento řad odbočuje z řadu "A" u č.p.2. Začátek řadu je veden v pravé části místní komunikace až k čp.47, kde přechází protlakem na levou stranu této komunikace a je veden v souběhu s plynovodem, v zeleném pásu po čp.51, kde opět protlakem přechází na pravou stranu, kde je veden v zeleném pásu k protlaku u čp.61, kde řad končí.

Celková délka řadu A1 je 138,0m a dimenze D 50.

ŘAD A2:

Řad A2 odbočuje z řadu A, v dimenzi D63, naproti domu čp.19 a je uložen v pravé straně komunikace II/387 do šířky 1m od krajnice a to až po čp.21, dále pokračuje ve zpevněné krajnici k trafostanici, kde přechází protlakem na druhou stranu této komunikace. Od trafostanice je veden v zeleném pásu k čp.40, odkud pokračuje v dimenzi D50 v místní komunikaci, v souběhu s plynovodem až po konec řadu.

Celková délka řadu je 275,0m.

ŘAD A3:

Řad A3 odbočuje z řadu A, v dimenzi D90, naproti domu čp.146 a pokračuje v zeleném pásu k čp.27, odkud vede v obecní zpevněné cestě v souběhu s plynovodem k čp.34. Dále je kanalizace uložena v zeleném pásu před dům čp. 29, od tohoto domu je trasa vedena v místní komunikaci k obecnímu úřadu, vedení tlakové kanalizace pokračuje v zeleném pásu k vodnímu toku Svratka, přes který přechází protlakem. Odtud vede v zeleném pásu k trati ČD Žďár nad Sazavou – Tišnov, pod kterým přechází protlakem. Řad A3 pokračuje v dimenzi D75 ve zpevněném kraji místní komunikace. U mostku přes meliorační náhon je potrubí uloženo v zaizolované chráničce. Od mostku je řad uložen v zeleném pásu až k čp.116, kde je protlak pod místní komunikací, pak řad vede ve zpevněném kraji obecní cesty. U čp.102 je protlak pod touto cestou a dále je řad

veden v zeleném pásu k čp.139. Odtud vede ve zpevněné místní komunikaci až před dům čp.141, kde řad končí.

Řad má celkem čtyři dimenze – D90, D75, D63, D50 o celkové délce 1075,5m

ŘAD A3-1:

Tento řad A3-1 navazuje na řad „A3“ u čp.92. Řad je veden v místní komunikaci až k odbočce k ČJ 109 (čp. 107).

Řad A3-1 má celkovou délku 172,0m v dimenzi D50.

ŘAD A3-2:

Řad A3-2 navazuje na řad „A3“ u čp.116. Řad je veden v místní komunikaci až před hranici pozemku na kterém je umístěna ČJ 135.

Řad A3-1 má celkovou délku 353,5m v dimenzi D63.

ŘAD A3-3:

Tento řad A3-3 odbočuje z řadu „A3“ u čp.102. Řad je veden v patě svahu až k odbočce na ČJ 124 (čp.23).

Řad A3-3 má celkovou délku 84,5m v dimenzi D50.

ŘAD A3-4:

Tento řad A3-4 navazuje na řad „A3“ u čp.136. Řad je veden v místní komunikaci až k odbočce k ČJ 98 (čp.66).

Řad A3-4 má celkovou délku 92,5m v dimenzi D50.

ŘAD A4:

Tento řad A4 navazuje na řad „A“ u silničního mostku, protlakem křížící komunikaci II/387 a dále pokračuje v místní komunikaci k odbočce na ČJ 30 (čp.145).

Řad A4 má celkovou délku 42,0m v dimenzi D50.

ŘAD A5:

Tento řad A5 odbočuje z řadu „A“ u čp.59. Řad vede k čp.58 v nezpevněné krajnici. Od domu čp.58 je trasa kanalizace umístěna na vnější hraně silničního příkopu (v hloubce min. 1,5m) po dům čp.61, odtud řad vede v rýze do 1m od živičné hrany vozovky po odbočku na ČJ 19 (čp.95).

Řad A5 má celkovou délku 140,0m v dimenzi D50. (Projektová dokumentace, 2003)

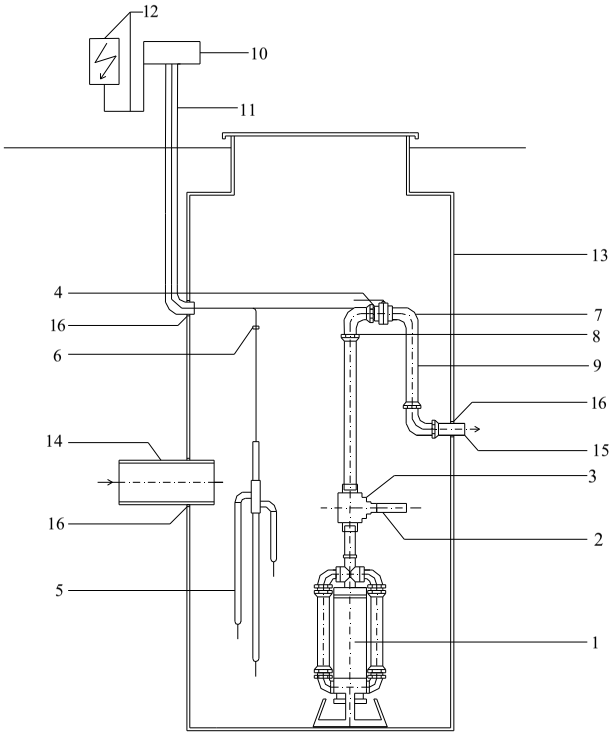
3.2.2 Čerpadlo a ČJ

V čerpacích jímkách pro tlakovou kanalizaci je osazeno technologické vybavení firmy NEPTUN PRESSKAN s.r.o. (Obr. 3.3). V ČJ je osazeno jedno čerpadlo.

Použito je objemové čerpadlo s drtičem nečistot. Čerpadlo funguje na objemovém principu, tzn. že čerpadlo s výkonem 1,1 kW dodává konstantní objem 40 l/min. Čerpadlo je schopno překonat ztráty způsobené převýšením až 60 m, nebo ztráty při přepravě splašků (tření) do vzdáleností 5 - 8 km při stále konstantním objemu 40 l/min.

Činnost čerpadla je ovládána automatikou v závislosti na hladině splaškových vod v jímce. Ovládací automatika dává možnost signalizace pomocí diod, a to:

- Provoz
- Čerpání
- Porucha –překročení hladiny/ porucha čerpadla



Obr. 3.3 Schematický řez čerpací jímkou (Presskan.cz [online])

1. čerpací soustrojí s drtičem 1 ¼ NP-16-5-01
2. plastový ventil pružinový na tlakové rozvody PN 16-P 10237-616, G 1“
3. plastový, kulový, zpětný ventil závitový ZV 397 G 1 ¼“
4. kulový kohout PP - D 40
5. snímač hladiny v provedení plast - nerez
6. kabelové příchytky
7. PP - koleno D 40, PN 10
8. PP - S koleno D 40, PN 10
9. tlaková trubka výtlak PE - D 40, PN 10
10. ovládací automatika AHS 4.1
11. silové a ovládací kabely v chráničce
12. domovní rozvaděč a napojení k ovládací skříňce
13. čerpací šachta (plastová, betonová)
14. gravitační kanalizační přípojka
15. trubka tlakové přípojky PE100 - D 40, PN 10, výtlačné potrubí z ČŠ
16. těsnící manžety

Čerpadlo 1 1/4“ NP

Motor čerpadla je vyroben z nerezového pláště, těleso čerpadla je z litiny, obtoky jsou provedeny z plastových armatur, hydraulika je vyrobena ze speciální pryže pro splaškové vody obsahující tuky.

Čerpadlo je schopno rozmělnit a přepravit částice (Obr. 3.4), které jsou ve splaškových vodách, neboť je čerpadlo vybaveno řezacím zařízením.

Napájení čerpadla z domovních rozvaděčů: 5 - žilový kabel – CYKY 5 c x 1,5, kabel musí být jištěn 3- fázovým jističem 16 A/B a proudovým chráničem.

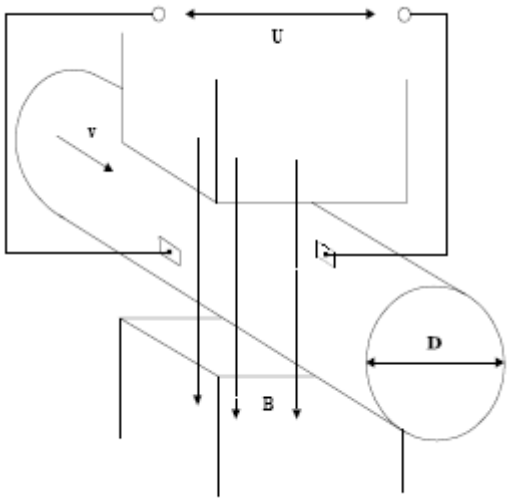
Obr. 3.4 Čerpadlo 1 1/4“ NP (Presskan.cz [online])

3.2.3 Měření průtoku

Měření množství odvedené odpadní vody z obce Štěpánovice zajišťuje magnetické-indukční průtokoměr (Tab. 3.2) od firmy ELA, spol. s r.o. před nátokem do gravitační kanalizace v obci Předklášteří. K průtokoměru je osazena měřící sonda a řídící jednotka MQI 99.

Princip činnosti indukčního snímače

Vznik napětí na elektrodách při pohybu vodivé tekutiny v magnetickém poli jen základem činnosti moderní a perspektivní skupiny průtokoměrů podle norem označovaných jako indukční, jelikož se vznik napětí na elektrodách při proudění vysvětluje Faradayovým indukčním zákonem. Ve skutečnosti, jak bude v dalším ukázáno, vznik napětí je důsledkem Lorentzova zákona. Označení, lépe vyznačující fyzikální podstatu průtokoměru je elektromagnetický průtokoměr. Navíc existuje průtokoměr pracující na duálním principu označující jako magnetoelektrický. Proto je správnější používat označení průtokoměr elektromagnetický místo indukční. Fyzikální podstatu průtokoměru lépe vystihuje v cizí literatuře poměrně často používaný název magnetický průtokoměr k označení indukčního. (ĎAĎO, 2005)



Obr. 3.5 Schéma principu elektromagnetického průtokoměru (Elabrno.cz [online])

Měření je založeno na principu Faradayova zákona o elektromagnetické indukci, podle něhož se v elektricky vodivém tělese, pohybujícím se v magnetickém poli, indukuje elektrické napětí (Obr. 3.5). Pro toto napětí platí následující vztah (3.1):

$$U = B \cdot D \cdot v \tag{3.1}$$

kde U … indukované napětí,

D … průměr potrubí (osa elektrod),

v … vektor stř. průtočné rychlosti,

B … magnetická indukce

Jsou-li magnetická indukce pole B i průměr potrubí D konstantní, pak indukované napětí je úměrné střední rychlosti proudění kapaliny. Kapalina protéká průtokoměrem kolmo na směr magnetického pole. Pohybem kapaliny, která musí mít určitou minimální elektrickou vodivost, se indukuje určité elektrické napětí, snímané dvěma elektrodami umístěnými kolmo na směr magnetického pole i směr průtoku. Magnetické pole průtokoměru je vytvářeno budícím proudem s obdélníkovým průběhem, který je generován v převodníku a přiveden na budící vinutí snímače. Systém vynuceného proudu zabezpečuje konstantní buzení za všech okolností, které se v provozu mohou vyskytnout. (ELA BRNO, 2011)

Specifikace:

Podmínky měření

Měření není závislé na:

- Teplotě a tlaku kapaliny.
- Hustotě a viskozitě kapaliny.
- Obsahu pevných částic.
- Běžné úrovni rušivých magnetických polí.

Pro spolehlivou činnost MQI 99 a přesnost měření je nutno splnit tyto podmínky:

- Minimální vodivost kapaliny >20 µs / cm u demineralizované studené vody.
  >5 µs / cm u ostatních kapalin.
- Rychlost průtoku min. 0,3 m / sec, max. 12 m / sec.
- Ustálený průtok uklidňovací délky 5 DN před snímačem/3 DN za snímačem při změně DN se úkos do 8° započítává do uklidňovacích délek
- Zcela zaplněný profil snímače měřenou kapalinou.

- Kvalitní provozní spojení snímače s měřenou kapalinou.

Přesnost měření narušuje:

- Zaplynování měřené kapaliny, vzduchové bubliny
- Silné bludné zemní proudy
- Víření kapaliny ve snímači
- Pevné částice z magnetických kovů v měřeném médiu

Provedení přístroje

Snímač

- Měřící trubice je zhotovena z nemagnetického materiálu s navařenými přírubami a montážními příchytkami. Uvnitř je opatřena izolační výstelkou požadovaných vlastností (podle použitého měřeného média). Na tělese měřící trubice je připevněn systém budících cívek magnetického obvodu, vytvářející potřebné magnetické pole.
- Dvojice elektrod, umístěných proti sobě a procházejících měřící trubicí s výstelkou, je vyrobena z ušlechtilé oceli nebo jiného materiálu (podle požadované chemické odolnosti měřenému médiu).
- Celá elektrická část je umístěna v ocelovém krytu (zavařeném) s hrdlem pro vyvedení vnitřní kabeláže.
- Oddělená verze: na hrdle je připevněn přes kabelovou ucpávku signální kabel standardní délky 8 m (možno objednat jinou délku).
- Kompaktní verze: řídící jednotka je připevněna pomocí multifunkčního úchytu přímo na průtokoměr.
- Zavaření krytu umožňuje dosažení vysokého stupně krytí a povrchová úprava zajišťuje stálou klimatickou odolnost.

Řídící jednotka

- Řídící, vyhodnocovací elektronika umístěná v robustní hliníkové skříňce s průzorem pro zobrazovací displej,také jako bez displejová verze, obě s vysokým krytím IP 67.

(ELA BRNO, 2011)

Tab. 3.2 Magneticko – indukční snímače (Elabrno.cz [online], 2011)

Tabulka průtoků pro 1 m / s

DN	m^3 / h	l / min.	l / s
10	0,283	4,712	0,079
15	0,637	10,62	0,177
20	1,131	18,85	0,314
25	1,767	29,452	0,491
32	2,895	48,255	0,804
40	4,524	75,398	1,257
50	7,069	117,81	1,964
65	11,946	199,1	3,318
80	18,096	301,59	5,027
100	28,274	471,23	7,854
125	44,179	736,31	12,272
150	63,617	1060,3	17,671
200	113,10	1885	31,42
250	176,71	2945,2	49,087
300	254,47	4241,2	70,686
350	346,36	5772,7	96,211
400	452,39	7539,8	125,66
450	572,26	9537,5	158,96
500	706,86	11781	196,35
600	1017,9	16965	282,74
700	1384,7	23079	384,65
800	1809,6	30159	502,65
900	2289,1	38151	635,85
1000	2827,4	47124	785,4

Konstrukční rozměry a hmotnosti indukčních snímačů

		Rozměry [mm]						Hmotnost
DN	PN	A	B	D1	D2	d	n	kg
10	16	150	153	90	60	14	4	2,5
15		or 200	155	95	65	14	4	2,5
20			160	105	75	14	4	3
25			167	115	85	14	4	3,5
32			180	140	100	18	4	5
40			185	150	110	18	4	6
50		200	191	165	125	18	4	7
65			209	185	145	18	4	8
80			224	200	160	18	8	9,5
100		250	245	220	180	18	8	12
125			270	250	210	18	8	15
150		300	305	285	240	22	8	20
200		350	375	340	295	22	12	36
250		400	430	405	355	26	12	58
300		500	487	460	410	26	12	70
350			542	520	470	26	16	85
400		600	615	580	525	30	16	100
450			657	640	585	30	20	120
500			750	715	650	33	20	160
600			870	840	770	36	20	190
700		700	927	910	840	36	24	260
800		800	1050	1025	950	39	24	350
900		900	1145	1125	1050	39	28	450
1000		1000	1285	1255	1170	42	28	550

3.3 VYHODNOCENÍ TLAKŮ NA TSS

3.3.1 Měrná kampaň

Pro vyhodnocení a určení skutečných tlakových poměrů na stokové síti tlakové kanalizace bylo potřeba nejprve instalovat tlakoměry na předem vytypovaná místa. Místa pro měření byla vybírána tak, aby byl zjištěn tlak na koncové větvi, v uzlu řadů a na konci obce do výtlaku směrem k Předklášteří. Snahou bylo vybrat čerpací jímky, které mají dlouhé přípojky pro jednodušší určení sepnutí čerpadla v čerpací jímce s namontovaným tlakoměrem. Výběr čerpacích jímek, ve kterých byly namontovány tlakoměry, probíhal ve spolupráci s obcí, jelikož systém TSS sama provozuje a zná místní podmínky. Měření probíhalo na sedmi místech a to ve dvou etapách. První etapa měření probíhala od 3.6.20011 do 23.6.2011, kdy byly osazeny 4 tlakoměry Následovala druhá etapa od 23.6.2011 do 16.7.2011. U druhé etapy měření byly přemontovány 3 tlakoměry na jiná místa a čtvrtý tlakoměr zůstal ponechán na stávajícím místě. Jednalo se o tlakoměr namontovaný v čerpací jímce u mateřské školy ve středu obce. Termín měření probíhal v červnu až červenci z důvodu potřeby technické úpravy potrubí v čerpací jímce a dostupnosti tlakoměrů. Tento technický zásah vyžadoval vhodné teplotní podmínky a to i z hlediska přístupu do čerpací jímky. Etapizace osazení tlakoměru a měřičských míst je zpracována v samostatné *příloze č.2 - Mapa měřících míst*.

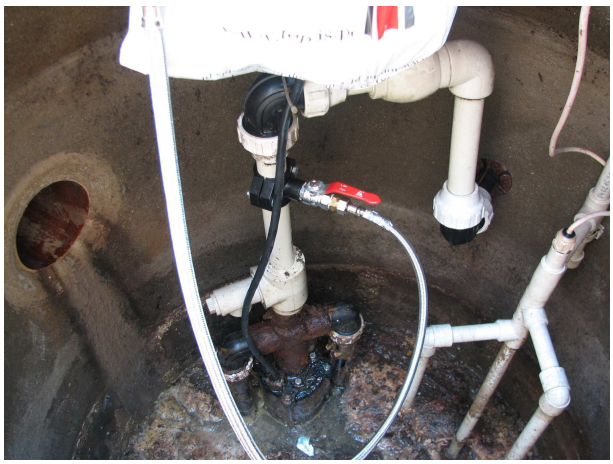
Montáž tlakoměrů

Před samostatným měřením bylo potřeba namontovat tlakoměry do čerpacích jímek (Obr. 3.6). Tlakoměry byly instalovány do čerpací jímky na výtlačné tlakové potrubí do hlavní tlakové stokové soustavy. Montáž byla provedena před zpětnou klapku, aby tlakoměr mohl zaznamenat data tlaků vznikajících v potrubí TSS vyvozené čerpáním odpadních vod z čerpacích jímek. Aby bylo možno namontovat tlakoměry do čerpacích jímek, musela se provést technická úprava na výtlačném tlakovém potrubí v čerpací jímce. Tato úprava spočívala v provedení navrtávací objímky mezi zpětnou klapkou a kulovým kohoutem (Obr. 3.7 a Obr. 3.8) pro uzavření odtoku odpadní vody v případě nutnosti odpojení čerpadla. Technická úprava potrubí byla provedena ve spolupráci s pracovníky obce Štěpánovice. Na tuto navrtávací tvarovku byl připojen zahradní kulový ventil, ke kterému se připevnila kovová opletaná tlaková hadice s namontovaným tlakoměrem. Tlakoměr se poté zabezpečil proti možnosti pádu do odpadní vody připevněním stahovací páskou ke stupačce v čerpací jímce.

Osazené tlakoměry byly před montáží do čerpacích jímek kalibrovány a na všech sedmi tlakoměrech byl sjednocen čas s časem magneticko-indukčního průtokoměru.

Obr. 3.6 Montáž tlakoměru do ČJ u čp. 30 (MŠ + OÚ)

Obr. 3.7 Výtlačné potrubí před osazením tlakoměru



Obr. 3.8 Výtlačné potrubí po osazení tlakoměru

3.3.2 Způsob vyhodnocení dat

Po ukončení měření a odmontování tlakoměrů z čerpacích jímek bylo provedeno stažení naměřených dat do počítače. Stažená data z tlakoměrů do počítače byla ve formátu .txt a obsahovala datum záznamu, čas a hodnoty tlaků zaznamenávané po 120s (Obr. 3.9).

```
2.7.2011 9:04    0.12000
2.7.2011 9:06    0.11500
2.7.2011 9:08    0.11000
2.7.2011 9:10    0.11000
2.7.2011 9:12    0.11000
2.7.2011 9:14    0.11000
2.7.2011 9:16    0.11000
2.7.2011 9:18    0.11000
2.7.2011 9:20    0.24500
2.7.2011 9:22    0.69499
2.7.2011 9:24    0.86000
2.7.2011 9:26    0.61000
2.7.2011 9:28    0.55500
2.7.2011 9:30    0.50500
2.7.2011 9:32    0.35500
2.7.2011 9:34    0.27000
2.7.2011 9:36    0.22500
2.7.2011 9:38    0.27500
```

Obr. 3.9 Výřez dat stažených z tlakoměru 2_CDL_2 ve formátu .txt

Zpracování dat manuálně

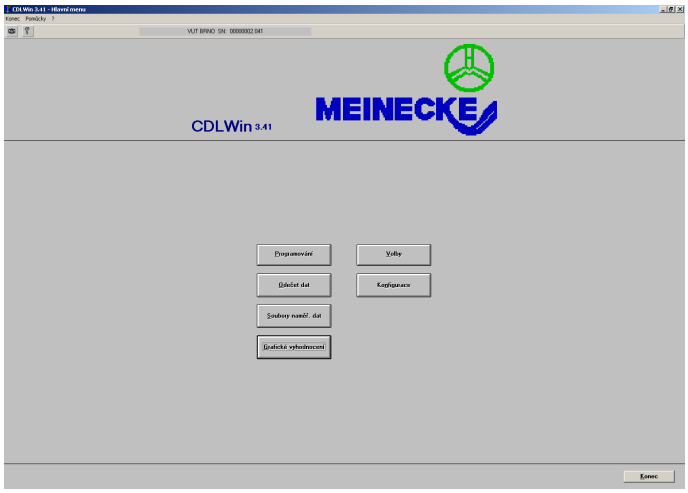
Naměřené hodnoty ve formátu .txt jsem exportoval do aplikace Microsoft Office Excel. Exportovaná data byla automaticky řazena datumově do sloupce a osahovalo okolo 15500 naměřených hodnot tlaků. Pro vyhodnocení a pro vyhledávání ve velkém množství dat jsem se snažil najít vhodnou funkci či pracovní nástroj. Základním nástrojem byl panel filtr a funkce „=DENTÝDNE“. Tím jsem snadno určil označení dne v týdnu, což jsem potřeboval, abych jsem mohl vybírat data pro pracovní dny a dny pracovního klidu. Pomocí aplikace Microsoft Office Excel jsem chtěl, aby výstupem naměřených dat byl graf. Jelikož z grafického výstupu by se daly určit maximální, minimální a průměrné denní tlaky na TSS pro pracovní dny, dny pracovního klidu a svátky. Aby data bylo možno takto zpracovat bylo zapotřebí je přemístit z jednoho sloupce do sloupců pro každý den zvlášť. Pro lepší orientaci jsem barevně označil dny pracovního klidu. Následně jsem vytvořil grafy. Zjistil jsem, že graf je pro vizuální vyhodnocení nečitelný, protože obsahoval velké množství hodnot. Proto jsem přistoupil k úpravě vstupních hodnot a to tak, že jsem časový interval hodnot ze 120s zredukoval na 1h. K tomuto jsem použil funkce „=MAX, =MIN a =PRŮMĚR“, kdy z každé hodiny v jednom měřeném dni jsem získal maximální, minimální a průměrnou hodnotu. Z takto připravených dat (Obr. 3.10) již bylo možno odečíst hodnoty a zpracovat je do tabulky pro jednotlivá měřená místa.

27.6.2011	28.6.2011	29.6.2011	30.6.2011	1.7.2011	2.7.2011	3.7.2011	4.7.2011	5.7.2011	6.7.2011	7.7.2011	8.7.2011	9.7.2011	10.7.2011	11.7.2011
-0,050	0,000	0,055	0,040	0,410	0,475	0,015	0,150	0,090	0,590	0,100	0,125	-0,010	-0,030	0,575
-0,060	0,000	-0,035	0,020	0,165	0,060	0,000	0,140	0,080	0,110	0,065	0,170	-0,020	0,190	-0,055
-0,070	-0,010	-0,030	0,010	0,325	0,040	0,060	0,140	0,080	0,100	0,000	0,070	-0,030	0,505	-0,130
-0,070	-0,010	0,035	0,010	0,030	0,135	0,010	0,140	0,080	0,100	0,005	0,070	-0,030	0,855	0,245
-0,070	0,080	0,185	0,010	0,240	0,120	0,165	0,220	0,170	0,205	0,000	0,160	-0,020	0,120	0,080
0,195	0,730	0,165	0,150	0,195	0,020	0,115	0,245	0,105	0,200	0,300	0,285	0,125	-0,070	0,120
0,180	0,120	0,200	0,200	0,050	0,070	0,090	0,305	0,730	0,505	0,290	0,350	0,190	-0,090	0,455
0,215	-0,040	0,225	0,235	0,335	0,780	0,440	0,725	0,620	0,160	0,270	0,580	0,345	0,215	-0,040
0,435	0,360	0,525	0,155	0,170	0,700	0,685	0,425	0,420	0,530	0,135	0,720	0,490	0,170	0,570
0,125	0,215	0,350	0,560	0,190	0,860	0,315	0,150	0,480	0,480	0,180	0,135	0,440	0,385	0,555
0,150	0,225	0,465	0,050	0,475	0,545	0,420	0,535	0,645	0,540	0,220	0,155	0,390	0,340	0,120
0,240	0,050	0,070	0,165	0,320	0,560	0,155	0,670	0,525	0,575	0,500	0,245	0,425	0,550	0,310
0,140	0,170	0,140	0,300	0,365	0,485	0,555	0,600	0,390	0,360	0,190	0,240	0,410	0,135	0,290
0,205	0,110	0,525	0,155	0,055	0,290	0,750	0,250	0,100	0,260	0,320	0,280	0,165	0,275	0,130
-0,010	0,225	0,050	0,155	0,735	0,505	0,375	0,745	0,170	0,375	0,380	0,000	0,500	0,235	0,005
0,110	0,245	0,270	0,360	0,165	0,535	0,800	0,635	0,505	0,205	0,395	0,320	0,490	0,655	0,200
0,050	0,340	0,270	0,620	0,040	0,640	0,300	0,285	0,195	0,195	0,375	0,630	0,500	0,135	0,115
0,455	0,380	0,480	0,195	0,150	0,490	0,465	0,355	0,360	0,715	0,120	0,255	0,390	0,590	0,315
0,115	0,515	0,600	0,475	0,630	0,530	0,475	0,360	0,395	0,425	0,250	0,580	0,390	0,285	0,440
0,520	0,315	0,325	0,645	0,395	0,370	0,755	0,615	0,680	0,150	0,425	0,550	0,545	0,155	0,200
0,550	0,460	0,640	0,625	0,210	0,570	0,815	0,385	0,800	0,575	0,590	0,245	0,240	0,435	0,260
0,465	0,200	0,745	0,445	0,150	0,595	0,525	0,575	0,230	0,645	0,430	0,170	0,410	0,370	0,190
0,245	0,535	0,280	0,185	0,460	0,455	0,370	0,335	0,240	0,465	0,555	0,230	0,460	0,290	0,745
0,375	-0,030	0,260	0,120	0,480	0,220	0,360	0,120	0,240	0,105	0,120	0,010	0,515	0,075	-0,020

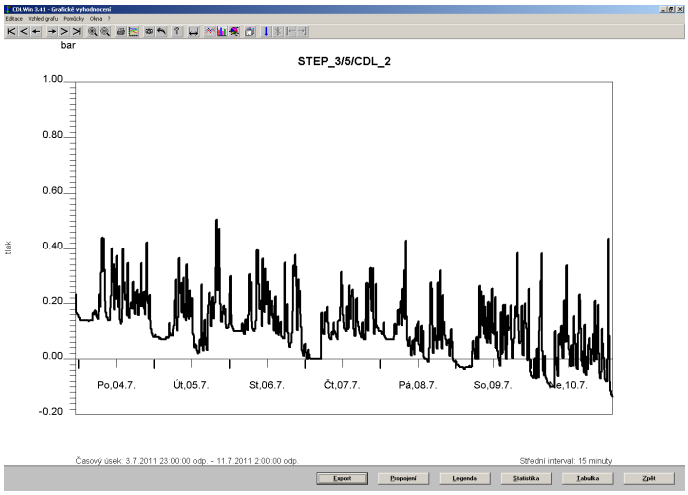
Obr. 3.10 Výřez dat připravených k vyhodnocení z tlakoměru 2_CDL_2 ve formátu .xls

Zpracování dat pomocí softwaru

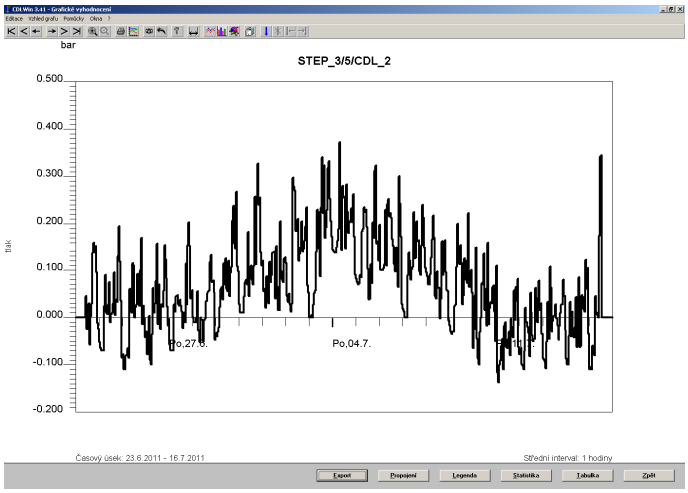
Manuální zpracování a vyhodnocení dat vzhledem k počtu hodnot bylo velice zdlouhavé. Proto jsem se snažil data vyhodnotit i pomocí softwaru CDLWin[3.41], jehož základní pracovní prostředí je vidět na (Obr. 3.11). Po načtení dat ve formátu .txt bylo možno ihned vidět průběh tlaků na TSS. Dále se data snadno filtrovala na požadované časové období například v rámci celého týdne (Obr. 3.12), jednoho dne (Obr. 3.13) bez nutnosti vytvořit samostatný databázový soubor. Nicméně je opět projevilo velké množství vstupních dat. To ztížilo jejich vyhodnocení, protože nebylo možno jednoznačně určit, jestli se jedná o průměrný tlak v síti či maximální tlak vyvozený sepnutím čerpadla. Další nevýhodou bylo stáří programu, který funguje na operačním systému Windows do verze Windows XP a neexistuje upgrade na vyšší verzi systému.



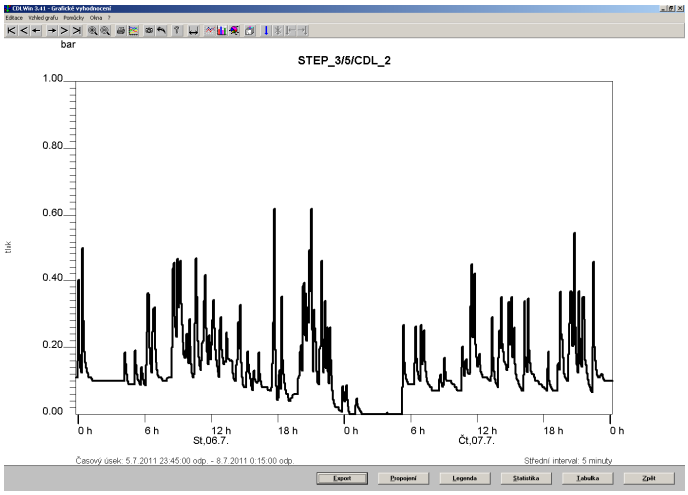
Obr. 3.11 Vyhodnocení tlaku pomocí softwaru CDLWin



Obr. 3.12 Vyhodnocení tlaku pomocí softwaru CDLWin v intervalu 1 týden



Obr. 3.13 Vyhodnocení tlaku pomocí softwaru CDLWin v intervalu 1 den



Obr. 3.14 Vyhodnocení tlaku pomocí softwaru CDLWin v intervalu svátek / prac. den

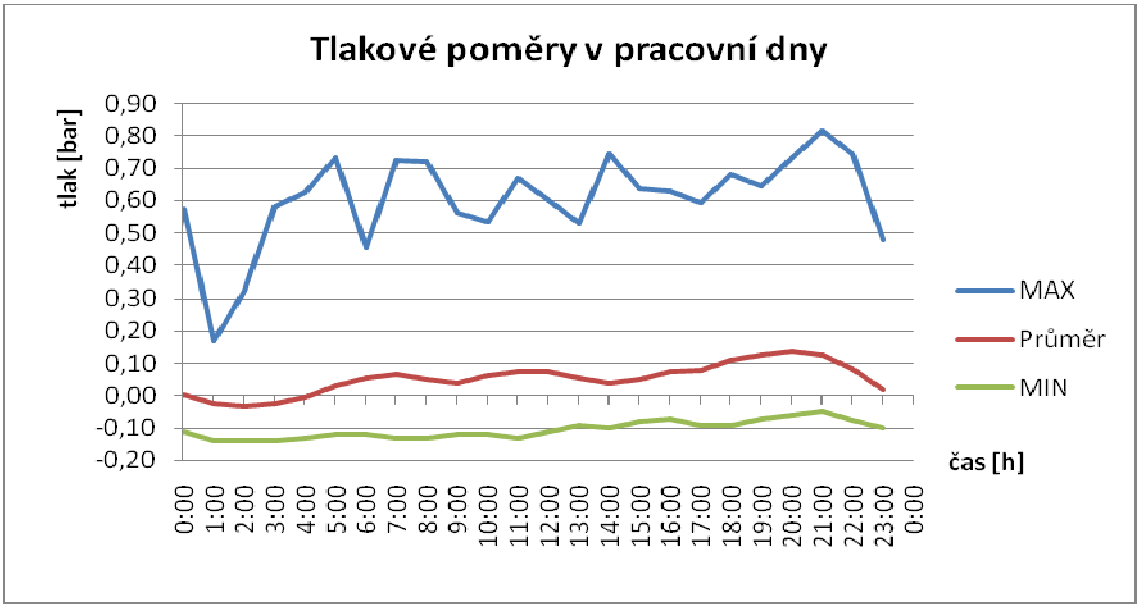
Pro vyhodnocení tlaků na TSS jsem nakonec zvolil manuální zpracování dat i za možnosti vzniku chyby. Možnost vzniku chyby je dána nepozorností při zpracovávání velkého množství hodnot.

Vyhodnocení dat

Jak již bylo zmíněno výše, rozhodl jsem se k manuálnímu zpracování v aplikaci Microsoft Office Excel. Vizuální vyhodnocení grafů jsem provedl zvlášť pro pracovní dny, pro dny pracovního klidu a pro státní svátek, který připadl na měření v druhé etapě. Pro podrobnější popis postupu vyhodnocení naměřených tlakových poměrů na TSS a stanovení výskytu maximálních tlaků jsem zvolil data získaná na tlakoměru z druhé etapy měření s označením 2_CDL_2.

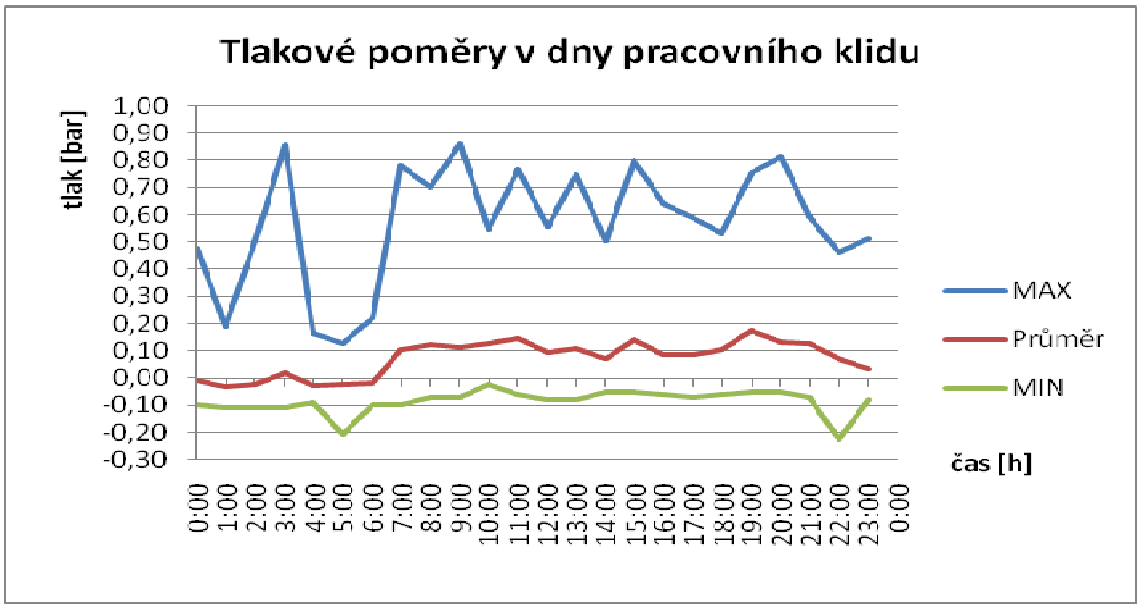
Graf je pro vyhodnocení připraven tak, že na ose X je znázorněna časová osa jednoho dne v intervalu 1 hodina. Na ose Y je možno pro zvolený čas odečíst hodnotu tlaku v jednotkách bar.

Graf znázorňující tlakové poměny na TSS v pracovní dny je zobrazen na (Obr. 3.15). Červená křivka vykresluje průměrné tlakové hodnoty na TSS. Ty odpovídají časům špičkovým odběrům vody. Nárůst tlaku na síti začíná kolem 4 hodiny ranní, kdy lidé odcházení do práce, škol, a klesá po 7 hodině. Další nárůst je v době oběda od jeho přípravy až konzumace mezi 10 a 12 hodinou. Plynulý nárůst je v odpoledních hodinách kolem 16 h příchodem domů až po maximum v době večerní hygieny mezi 20 – 21 hodinou. Modrá křivka znázorňuje výskyt maximálních tlakových poměrů a zároveň časy sepnutí čerpadla v pracovní dny.



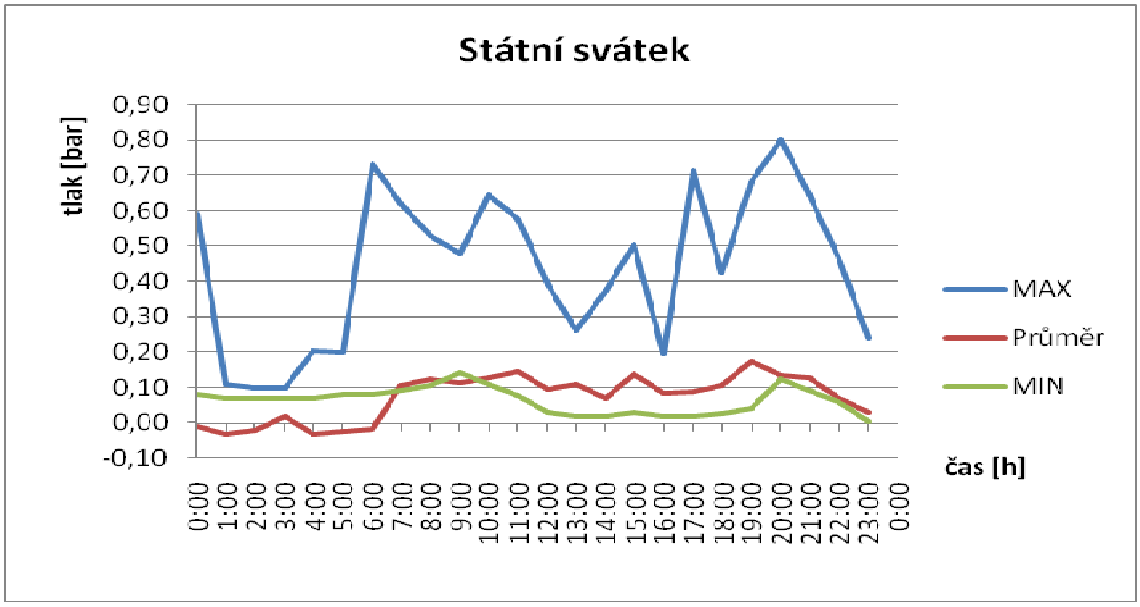
Obr. 3.15 Vyhodnocení tlaku v pracovní dny 2_CDL_2

Graf znázorňující tlakové poměny na TSS v dny pracovního klidu (Obr. 3.16). Jsou zde znázorněny opět maximální, minimální a průměrné hodnoty, na kterých je vidět, že nástup špičkového odtoku odpadní vody je až kolem 6 hodiny a během dne udržuje celkem konstantní hodnotu tlaku. Tato hodnota je navýšena v době večerní hygieny.



Obr. 3.16 Vyhodnocení tlaku v dny pracovního klidu 2_CDL_2

Jako zajímavost graf popisující tlakové poměry na TSS (Obr. 3.17). Zde je vidět, že ranní a večerní špička je zachována jako v dny pracovního klidu, ale v průběhu dne je vidět pokles tlaku. Tento pokles si myslím, že můžeme přisoudit odjezdu z domácnosti například z důvodu rodinného výletu.



Obr. 3.17 Vyhodnocení tlaku ve státní svátek 2_CDL2

Zpracování dat

Následovalo zpracování naměřených dat do tabulky pro každé měřené místo z obou etap měření. Tabulka obsahuje také informaci o místu umístění ČJ, délce přípojky či počtu obyvatel v nemovitosti, (*viz. zpracovaná data uvedená níže*).

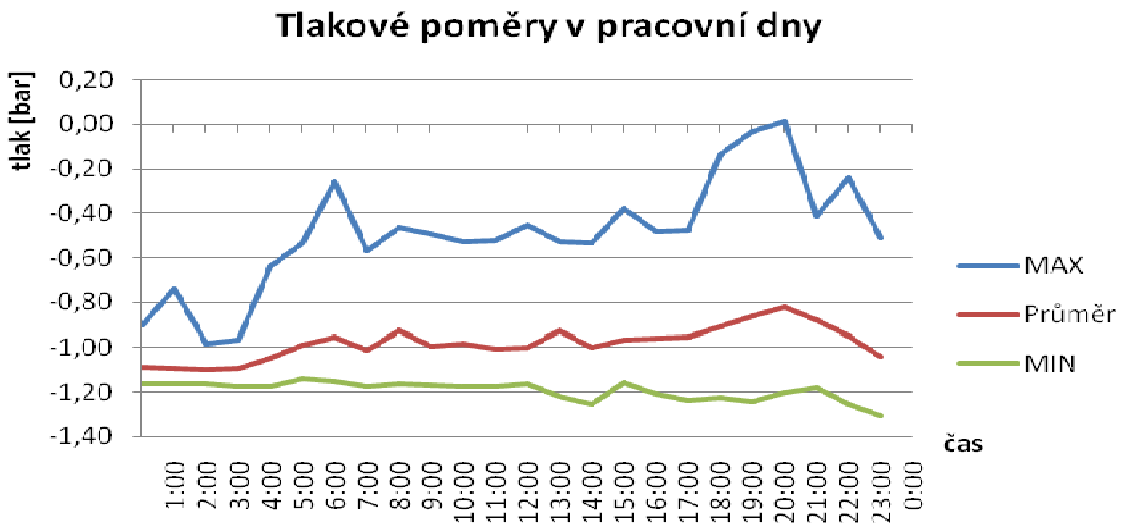
Tab. 3.3 Vyhodnocení dat z tlakoměru 1_CDL_1

ID tlakoměru:	**1_CDL_1**					
Popis čerpací šachty						
čp.:	30	počet osob v domácnosti:		-		
číslo ČJ:	85	DN přípojky:	PE D40	délka přípojky:	12	[m]
napojení na řad:	Řad A3	napojení na vodovod:		veřejný vodovod		
Statistické hodnoty						
počátek měření:	3.6.2011	konec měření:	16.7.2011	časový krok:	120	[s]
maximální tlak:	datum:	10.7.2011	3:20:00	hodnota:	0,865	[bar]
průměrný tlak:	0,147	[bar]				
výskyt max. tlaků	prac. dny:	4-6 h	10-12 h	18-22 h		
	víkendy:	8-12 h	14 -15 h	18-22 h		
poznámka:	- budova obecního úřadu + Mateřská škola + Hasičská zbrojnice					
	- 30 dětí + 2 učitelky, jídlo se do MŠ dováží					

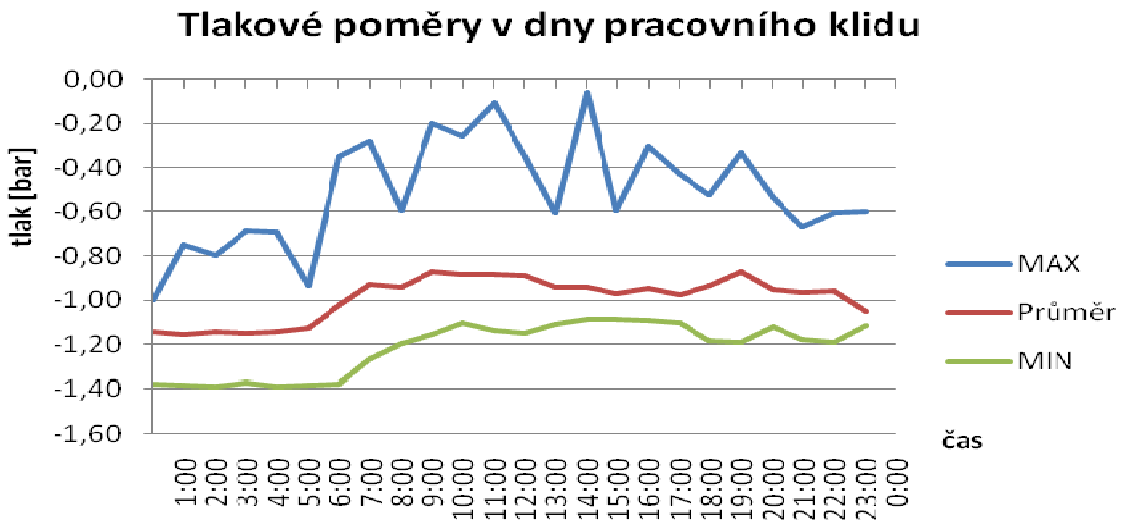
Tab. 3.4 Vyhodnocení dat z tlakoměru 1_CDL_2

ID tlakoměru:	**1_CDL_2**					
Popis čerpací šachty						
čp.:	127	počet osob v domácnosti:		2 osoby		
číslo ČJ:	100	DN přípojky:	PE D40	délka přípojky:	31,9	[m]
napojení na řad:	Řad A3-4	napojení na vodovod:		veřejný vodovod		
Statistické hodnoty						
počátek měření:	3.6.2011	konec měření:	24.6.2011	časový krok:	120	[s]
maximální tlak:	datum:	22.6.2011	20:40:00	hodnota:	1,000	[bar]
průměrný tlak:	0,103	[bar]				
výskyt max. tlaků	prac. dny:	5-6 h	11 h	18-22 h		
	víkendy:	6 -8 h	10-12 h	17-22 h		
poznámka:	- původní čerpadlo					

Při zpracování naměřených hodnot bylo zjištěno, že na jednom z měřících míst byly hodnoty zaznamenané tlakoměrem záporné (Obr. 3.18 a Obr. 3.19). Jak je to možné, že na tlakovém stokovém systému vzniká podtlak? Při bližším seznámením s umístění čerpacím jímky v terénu bylo zjištěno, že ČJ 128 se nachází na kopci v obci Štěpánovice ke konci řadu A3-1. Tím je dána nemožnost vzniku velkého tlaku na TSS z důvodu malého počtu čerpadel nad touto ČJ. Dále odpadní voda v potrubí měla tendenci vzhledem k umístění ČJ na kopci odtékat samospádem, který byl umožněn opět malý počtem čerpadel na konci řadu.



Obr. 3.18 Vyhodnocení tlaku v pracovní dny 1_CDL_3



Obr. 3.19 Vyhodnocení tlaku v dny pracovního klidu 1_CDL_3

Zpracovaná data s tlaky a popis umístění ČJ 128, kde se vyskytl podtlak je shrnut do přehledné tabulky z vyhodnocení tlakoměru s označením 1_CDL_3 (Tab. 3.5).

Tab. 3.5 Vyhodnocení dat z tlakoměru 1_CDL_3

ID tlakoměru:	**1_CDL_3**					
Popis čerpací šachty						
čp.:	110	počet osob v domácnosti:		3 osoby		
číslo ČJ:	128	DN přípojky:	PE D40	délka přípojky:	2,1	[m]
napojení na řad:	Řad A3	napojení na vodovod:		pouze vlastní studna		
Statistické hodnoty						
počátek měření:	3.6.2011	konec měření:	24.6.2011	časový krok:	120	[s]
maximální tlak:	datum:	21.6.2011	20:28:00	hodnota:	0,011	[bar]
průměrný tlak:	-0,929	[bar]				
výskyt max. tlaků	prac. dny:	5-6 h	8 h	12 h	15 h	18-22 h
	víkendy:	6 -7 h	9-12 h	14-15 h	18-20 h	
poznámka:	- objekt rodinného domu je umístěn na kopci, vzniká na TSS podtlak					

Tab. 3.6 Vyhodnocení dat z tlakoměru 1_CDL_4

ID tlakoměru:	**1_CDL_4**					
Popis čerpací šachty						
čp.:		počet osob v domácnosti:		-		
číslo ČJ:		DN přípojky:	-	délka přípojky:	-	[m]
napojení na řad:	Řad A	napojení na vodovod:		-		
Statistické hodnoty						
počátek měření:	3.6.2011	konec měření:	24.6.2011	časový krok:	120	[s]
maximální tlak:	datum:	13.6.2011	20:50:00	hodnota:	0,650	[bar]
průměrný tlak:	0,121	[bar]				
výskyt max. tlaků	prac.dny:	4-6 h	11-13 h	18-22 h		
	víkendy:	7-8 h	10-12 h	18-20 h	20-22 h	
poznámka:	- šachta pro dávkování chemikálií do TSS v centru obce					

Tab. 3.7 Vyhodnocení dat z tlakoměru 2_CDL_2

ID tlakoměru:	**2_CDL_2**					
Popis čerpací šachty						
čp.:	531/2	počet osob v domácnosti:		3 osoby		
číslo ČJ:		DN přípojky:	PE D40	délka přípojky:		[m]
napojení na řad:	Řad A	napojení na vodovod:		veřejný vodovod		
Statistické hodnoty						
počátek měření:	23.6.2011	konec měření:	16.7.2011	časový krok:	120	[s]
maximální tlak:	datum:	2.7.2011	9:24:00	hodnota:	0,860	[bar]
průměrný tlak:	0,065	[bar]				
výskyt max. tlaků	prac. dny:	6-8 h	10-12 h	19-22 h		
	víkendy:	7-9 h	10-12 h	14-16 h	18-21 h	
poznámka:	- počáteční stav vodoměru 248 m^3, konečný stav na vodoměru 258 m^3 - původní čerpadlo, oprava snímání hladiny					

Tab. 3.8 Vyhodnocení dat z tlakoměru 2_CDL_3

ID tlakoměru:	**2_CDL_3**					
Popis čerpací šachty						
čp.:	148	počet osob v domácnosti:		4 osoby		
číslo ČJ:	96	DN přípojky:	PE D40	délka přípojky:	10,7	[m]
napojení na řad:	Řad A	napojení na vodovod:		veřejný vodovod + vlastní studna		
Statistické hodnoty						
počátek měření:	23.6.2011	konec měření:	16.7.2011	časový krok:	120	[s]
maximální tlak:	datum:	6.7.2011	12:04:00	hodnota:	0,675	[bar]
průměrný tlak:	0,082	[bar]				
výskyt max. tlaků	prac. dny:	5-7 h	10-12 h	18-21 h		
	víkendy:	8-12 h	14-15 h	19-21 h		
poznámka:	- původní čerpadlo					

Tab. 3.9 Vyhodnocení dat z tlakoměru 2_CDL_4

ID tlakoměru:	**2_CDL_4**					
Popis čerpací šachty						
čp.:	80	počet osob v domácnosti:		5 osob		
číslo ČJ:	39	DN přípojky:	PE D40	délka přípojky:	19,7	[m]
napojení na řad:	Řad A	napojení na vodovod:		veřejný vodovod		
Statistické hodnoty						
počátek měření:	23.6.2011	konec měření:	16.7.2011	časový krok:	120	[s]
maximální tlak:	datum:	15.7.2011	12:42:00	hodnota:	1,200	[bar]
průměrný tlak:	0,028	[bar]				
výskyt max. tlaků	prac. dny:	5-7 h	11-12 h	15-16 h	19-22 h	
	víkendy:	7-12 h	14-15 h	18-21 h		
poznámka:	- čerpadlo vyměněno po 1 roce provozu (zadřeno), v létě vypadávají pojistky					

Ověření naměřených hodnot výpočtem pro dimenzaci TSS

Pro ověření naměřených hodnot tlaků jsem provedl výpočet tlakových ztrát na potrubí TSS dle vztahu (3.2 a 3.4). Ve výpočtu uvažuji se součinitelem drsnosti potrubí k=0,15 mm a s viskozitou odpadní vody 1,32E-06 m^2/s při teplotě 10°C pro výpočet součinitele tření λ [-] dle vztahu (3.5). Výpočet je proveden pro ČJ 96, která je na řadu A před výtlakem do obce Předklášteří, kde byl osazen tlakoměr s označením 2_CDL_3.

$$h_{celk} = h_g + h_z \,, \tag{3.2}$$

kde h_{celk} … dopravní výška čerpadla [m],

h_g … geodetická tlaková výška [m],

h_z … tlakové ztráty [m].

$$h_z = h_{zt} + h_{zm} \,, \tag{3.3}$$

kde h_z … tlakové ztráty [m],

h_{zt} … tlakové ztráty třením [m],

h_{zm} … tlakové ztráty místní [m].

nebo

$$h_z = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} + \xi \frac{v^2}{2g} \,, \tag{3.4}$$

kde h_z … tlakové ztráty [m],

λ … součinitel tření, který se vypočte podle z rovnice podle Colebrooka a je závislý na Reynoldsově čísle a drsnosti potrubí [-],

d … vnitřní průměr potrubí [m],

g … gravitační zrychlení [m/s^2],

l … délka potrubí [m],

v … průtočná rychlost [m/s],

ξ … součinitel místních ztrát v potrubí [-].

$$\frac{1}{\lambda} = -2 \log \cdot \left(\frac{k}{3{,}71 d} + \frac{2{,}51}{\mathrm{Re}\sqrt{\lambda}} \right), \tag{3.5}$$

kde λ … součinitel tření [-],

d … vnitřní průměr potrubí [mm],

k … součinitel drsnosti potrubí [mm],

Re … Reynoldsovo číslo [-].

$$\mathrm{Re} = \frac{v \cdot DN}{\nu}, \tag{3.6}$$

kde Re … Reynoldsovo číslo [-],

v … průtočná rychlost [m/s],

DN … vnitřní průměr potrubí [m],

ν … kinematická viskozita odpadní vody [m^2/s].

Tab. 3.10 Výpočet tlakových ztrát při p=68%

Úsek	délka úseku [m]	počet čerpadel celkem	B.J. celkem	Qd [m^3/d]	Qmax [m^3/h]	náhradní doba čerpání [min/h]	$M_{0,68}$	průtok na úseku - $Q_{N0,68}$ [l/s]	Dimenze potrubí [m]	min DN [mm]	rychlost $v_{0,68}$ [m/s]	Re	λ	Ht [m]
ŘAD A														
1	137	**4**	**4**	1,12	0,40	**0,2**	**1**	0,80	0,041	**40,8**	**0,61**	18913	0,03	2,09
2	186	**27**	**27**	7,58	2,70	**0,2**	**1**	0,80	0,041	**51,4**	**0,39**	15013	0,03	0,92
3	805	**38**	**38**	10,67	3,80	**0,2**	**1**	0,80	0,041	**61,4**	**0,27**	12568	0,03	1,69
4	29	**83**	**83**	23,31	8,30	**0,2**	**1**	0,80	0,041	**73,6**	**0,19**	10485	0,04	0,03
5	693	**158**	**158**	44,37	15,80	**0,6**	**2**	1,60	0,058	**90,0**	**0,25**	17148	0,03	0,78
6	1774	**160**	**160**	44,93	16,00	**0,6**	**2**	1,60	0,058	**90,0**	**0,25**	17148	0,03	2,00

Tab. 3.11 Výpočet tlakových ztrát při p=86%

Úsek	délka úseku [m]	počet čerpadel celkem	B.J. celkem	Qd [m^3/d]	Qmax [m^3/h]	náhradní doba čerpání [min/h]	$M_{0,86}$	průtok na úseku - $Q_{N0,86}$ [l/s]	Dimenze potrubí [m]	min DN [mm]	rychlost $v_{0,86}$ [m/s]	Re	λ	Ht [m]
ŘAD A														
1	137	**4**	**4**	1,12	0,40	**0,2**	**1**	0,80	0,041	**40,8**	**0,61**	18913	0,03	2,09
2	186	**27**	**27**	7,58	2,70	**0,2**	**1**	0,80	0,041	**51,4**	**0,39**	15013	0,03	0,92
3	805	**38**	**38**	10,67	3,80	**0,2**	**1**	0,80	0,041	**61,4**	**0,27**	12568	0,03	1,69
4	29	**83**	**83**	23,31	8,30	**0,2**	**1**	0,80	0,041	**73,6**	**0,19**	10485	0,04	0,03
5	693	**158**	**158**	44,37	15,80	**0,6**	**3**	2,40	0,071	**90,0**	**0,38**	25722	0,03	1,61
6	1774	**160**	**160**	44,93	16,00	**0,6**	**3**	2,40	0,071	**90,0**	**0,38**	25722	0,03	4,13

Tab. 3.12 Výpočet tlakových ztrát při p=95%

Úsek	délka úseku [m]	počet čerpadel celkem	B.J. celkem	Qd [m^3/d]	Qmax [m^3/h]	náhradní doba čerpání [min/h]	$M_{0,95}$	průtok na úseku - $Q_{N0,95}$ [l/s]	Dimenze potrubí [m]	min DN [mm]	rychlost $v_{0,95}$ [m/s]	Re	λ	Ht [m]
ŘAD A														
1	137	**4**	**4**	1,12	0,40	**0,2**	**1**	0,80	0,041	**40,8**	**0,61**	18913	0,03	2,09
2	186	**27**	**27**	7,58	2,70	**0,2**	**1**	0,80	0,041	**51,4**	**0,39**	15013	0,03	0,92
3	805	**38**	**38**	10,67	3,80	**0,2**	**1**	0,80	0,041	**61,4**	**0,27**	12568	0,03	1,69
4	29	**83**	**83**	23,31	8,30	**0,2**	**1**	0,80	0,041	**73,6**	**0,19**	10485	0,04	0,03
5	693	**158**	**158**	44,37	15,80	**0,6**	**4**	3,20	0,082	**90,0**	**0,50**	34296	0,03	2,70
6	1774	**160**	**160**	44,93	16,00	**0,6**	**4**	3,20	0,082	**90,0**	**0,50**	34296	0,03	6,92

Tab. 3.13 Výpočet tlakových ztrát při p=99,7%

Úsek	délka úseku [m]	počet čerpadel celkem	B.J. celkem	Qd [m^3/d]	Qmax [m^3/h]	náhradní doba čerpání [min/h]	$M_{0,997}$	průtok na úseku - $Q_{N0,997}$ [l/s]	Dimenze potrubí [m]	min DN [mm]	rychlost $v_{0,997}$ [m/s]	Re	λ	Ht [m]
ŘAD A														
1	137	**4**	**4**	1,12	0,40	**0,2**	**1**	0,80	0,041	**40,8**	**0,61**	18913	0,03	2,09
2	186	**27**	**27**	7,58	2,70	**0,2**	**2**	1,60	0,058	**51,4**	**0,77**	30026	0,03	3,20
3	805	**38**	**38**	10,67	3,80	**0,2**	**2**	1,60	0,058	**61,4**	**0,54**	25136	0,03	5,82
4	29	**83**	**83**	23,31	8,30	**0,2**	**2**	1,60	0,058	**73,6**	**0,38**	20969	0,03	0,09
5	693	**158**	**158**	44,37	15,80	**0,6**	**6**	4,80	0,101	**90,0**	**0,75**	51444	0,03	5,63
6	1774	**160**	**160**	44,93	16,00	**0,6**	**6**	4,80	0,101	**90,0**	**0,75**	51444	0,03	14,41

Výpočtem byly stanoveny maximální tlakové ztráty na potrubí TSS při p=99,7% (Tab. 3.13).

$$h_z = 14{,}41m$$

$$h_{celk} = h_g + h_z = -16{,}99 + 14{,}41 = 14{,}41m$$

Ověření naměřených hodnot s reálnými průtoky na TSS

Maximální tlak v ČJ 96 byl zaznamenán 6.7.2011 ve 12:04:00. Pro tuto dobu jsem zjistil množství odtékající odpadní vody z obce Štěpánovice zaznamenané na průtokoměru. Hodnota průtoku se v té době rovnala 2,11 l/s. Pro tuto hodnotu jsem následně provedl výpočet tlakových ztrát (Tab. 3.14).

Tab. 3.14 Výpočet tlakových ztrát pro skutečný průtok

Úsek	délka úseku [m]	počet čerpadel celkem	B.J. celkem	Qd [m³/d]	Qmax [m³/h]	náhradní doba čerpání [min/h]	$M_{0,997}$	průtok na úseku - $Q_{N0,997}$ [l/s]	Dimenze potrubí [m]	min DN [mm]	rychlost $v_{0,997}$ [m/s]	Re	λ	Ht [m]
ŘAD A														
5	693	**158**	**158**	44,37	15,80	**0,6**	**6**	2,11	0,067	**90,0**	**0,33**	22614	0,03	1,28
6	1774	**160**	**160**	44,93	16,00	**0,6**	**6**	2,11	0,067	**90,0**	**0,33**	22614	0,03	3,28

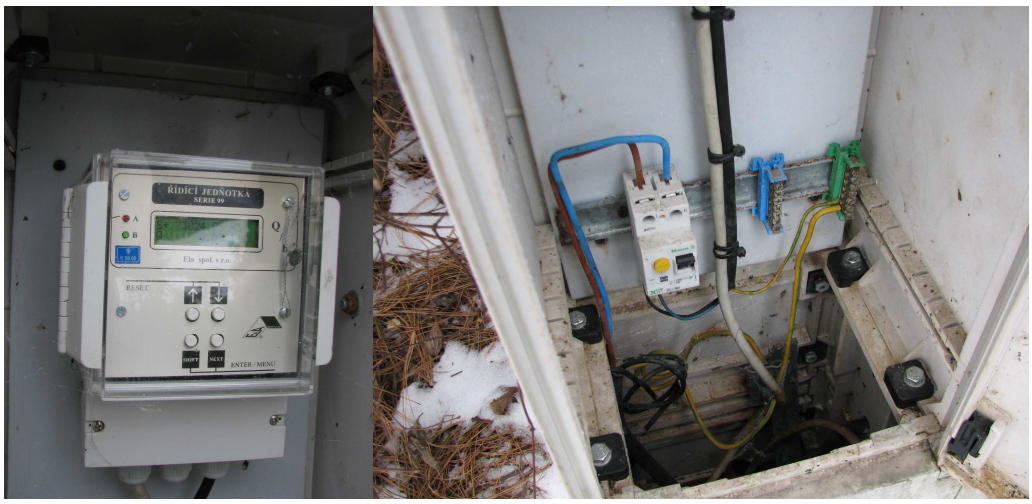
$$h_z = 4{,}56m$$

$$h_{celk} = h_g + h_z = -16{,}99 + 4{,}56 = 4{,}56m$$

Vypočítaná hodnota tlakových ztrát ze skutečného průtoku byla stanovena 4,56 m, naměřená hodnota tlakoměru byla 6,75 m. Uvažovaná ztráta na potrubí při dimenzaci TSS je 14,41 m. Na základě porovnání těchto hodnot lze usoudit, že systém TSS je v obci Štěpánovice předimenzovaný.

3.4 VYHODNOCENÍ PRŮTOKŮ NA TSS

Aby bylo možno průtoky odpadní vody z obce Štěpánovice vyhodnotit, bylo zapotřebí u průtokoměru doinstalovat k řídící jednotce MQI 99 konektor RS 232 od firmy ELA, spol. s r.o. (Obr. 3.20) pro stahování dat do počítače. Tato jednotka je umístěna v obci Předkláštěří u kanalizační šachty, kam natékají odpadní vody z TSS do gravitační kanalizace (Obr. 3.21).



Obr. 3.20 Řídící jednotka

Obr. 3.21 Umístění průtokoměru a řídící jednotky

Z řídící jednotky byla data stažena do počítače ve formátu .accdb (Obr. 3.22). Data obsahují číslo záznamu, datum s časem v intervalu 5 minut a průtok.

ID_STATISTI	ID_DEVICE	TIME	DEFINED	Q	Přidat nové pole
144	3	10.11.2010 19:55:00	☑	0,3182470168	
145	3	10.11.2010 20:00:00	☑	0,9045686209	
146	3	10.11.2010 20:05:00	☑	1,4645222327	
147	3	10.11.2010 20:10:00	☑	1,0748619037	
148	3	10.11.2010 20:15:00	☑	1,204504532	
149	3	10.11.2010 20:20:00	☑	1,8578447829	
150	3	10.11.2010 20:25:00	☑	1,2323374126	
151	3	10.11.2010 20:30:00	☑	0,8258308664	
152	3	10.11.2010 20:35:00	☑	0,8192388684	
153	3	10.11.2010 20:40:00	☑	0,9631641591	
154	3	10.11.2010 20:45:00	☑	1,2546769616	
155	3	10.11.2010 20:50:00	☑	1,1935178686	
156	3	10.11.2010 20:55:00	☑	0,8108157598	
157	3	10.11.2010 21:00:00	☑	0,6991180151	
158	3	10.11.2010 21:05:00	☑	0,9869685965	
159	3	10.11.2010 21:10:00	☑	0,9913632618	
160	3	10.11.2010 21:15:00	☑	0,6156193731	
161	3	10.11.2010 21:20:00	☑	0,5295571764	
162	3	10.11.2010 21:25:00	☑	0,3881954405	
163	3	10.11.2010 21:30:00	☑	0,9972228156	
164	3	10.11.2010 21:35:00	☑	1,5795159764	
165	3	10.11.2010 21:40:00	☑	1,4099551378	
166	3	10.11.2010 21:45:00	☑	1,0506912442	
167	3	10.11.2010 21:50:00	☑	0,8800317392	
168	3	10.11.2010 21:55:00	☑	0,5482345042	
169	3	10.11.2010 22:00:00	☑	0,7899410993	
170	3	10.11.2010 22:05:00	☑	0,8778344066	
171	3	10.11.2010 22:10:00	☑	1,323526719	

áznam: 1 z 78624 Bez filtru Vyhledávání

Obr. 3.22 Výřez dat stažených z průtokoměru ve formátu .accdb

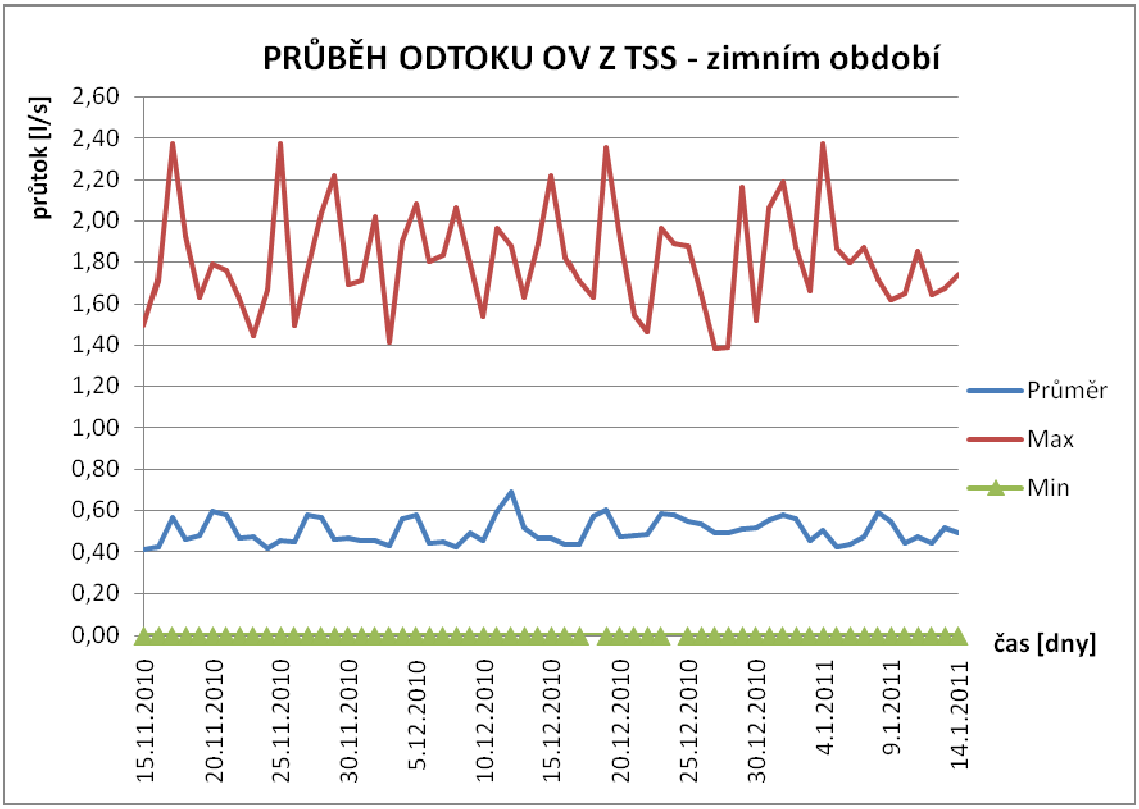
Řídící jednotka MQI 99 je plastová skříňka o rozměrech 160 x 210x115 mm a o hmotnosti 1,2 kg. Přesnost měření řídící jednotky je 0,3 % (0,5 – 10 m/s) z měřené hodnoty průtoku. Směr průtoku oboustranné měření se znaménkem, okamžitý průtok je sumarizován na množství (S+ v přímém směru a S- ve zpětném směru toku). Potlačení malých průtoků nastavitelná po 0,1%. (ELA BRNO, 2011)

3.4.1 Vyhodnocení dat manuálně

Naměřené hodnoty jsem exportoval do aplikace Microsoft Office Excel. Exportovaná data byla řazena datumově do sloupce a osahovalo okolo 79 000 naměřených hodnot průtoků po 5 minutách za období 1.11.2010 až 15.7.2011. Tento časový úsek byl zvolen pro zachycení průtoků odpadní vody v TSS v zimním a letním období. Při filtrování dat jsem narazil na problém s množstvím dat. Aplikace Microsoft Office Excel je schopna pracovat s 60 000 daty. Pro jsem hledal jiný vhodný pracovní nástroj na filtrování dat a použil jsem aplikaci Microsoft Office Access. Jedná se o databázový program, který je

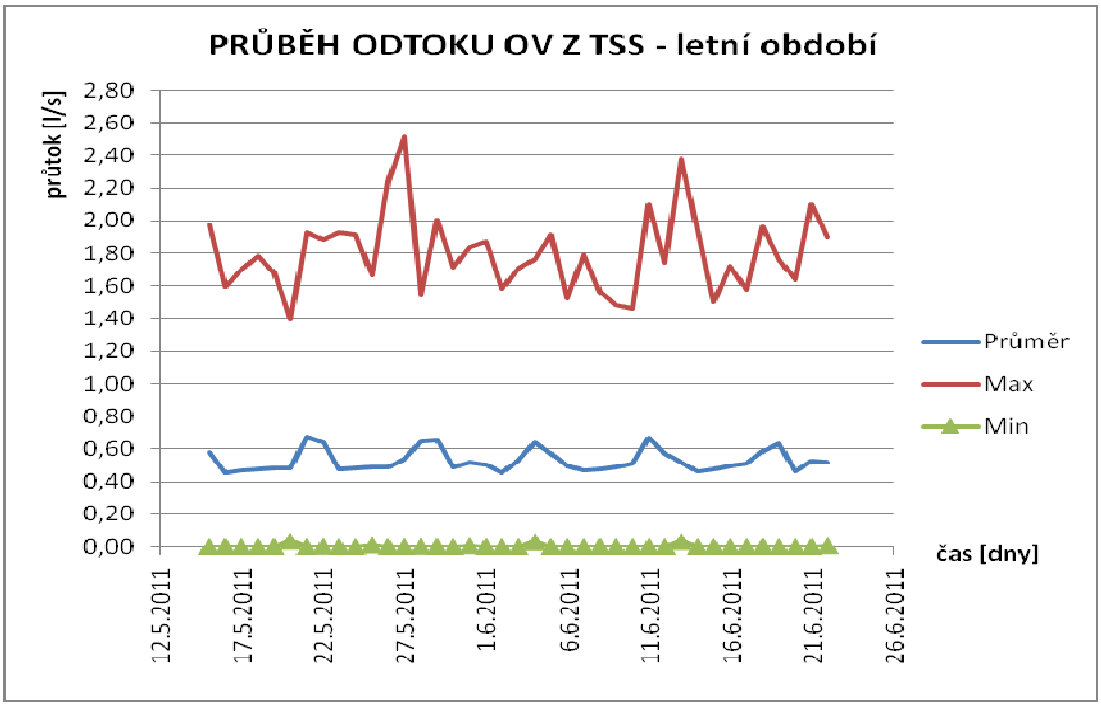
určen pro zpracovávání velkého množství hodnot. Zde jsem si seřadil data do sloupců pro jednotlivé pracovní dny a převedl zpět do aplikace Microsoft Office Excel.

Data jsem chtěl vyhodnotit z vytvořeného grafu. Nejprve jsem vložil data za celé měřené období a zjistil jsem, že příliš velké množství dat zplošťuje výsledné hodnoty. Hodnoty pak nešly odečíst, protože byly velmi podobné. Proto jsem zvolil postup, kdy jsem vybral data pro zimní 15.11.2010 až 14.1.20011 a letní období 12.5.2011 až 26.6.2011. Zde byly vyhodnocovány maximální, průměrné a minimální denní průtoky odpadní vody v TSS za celé období.



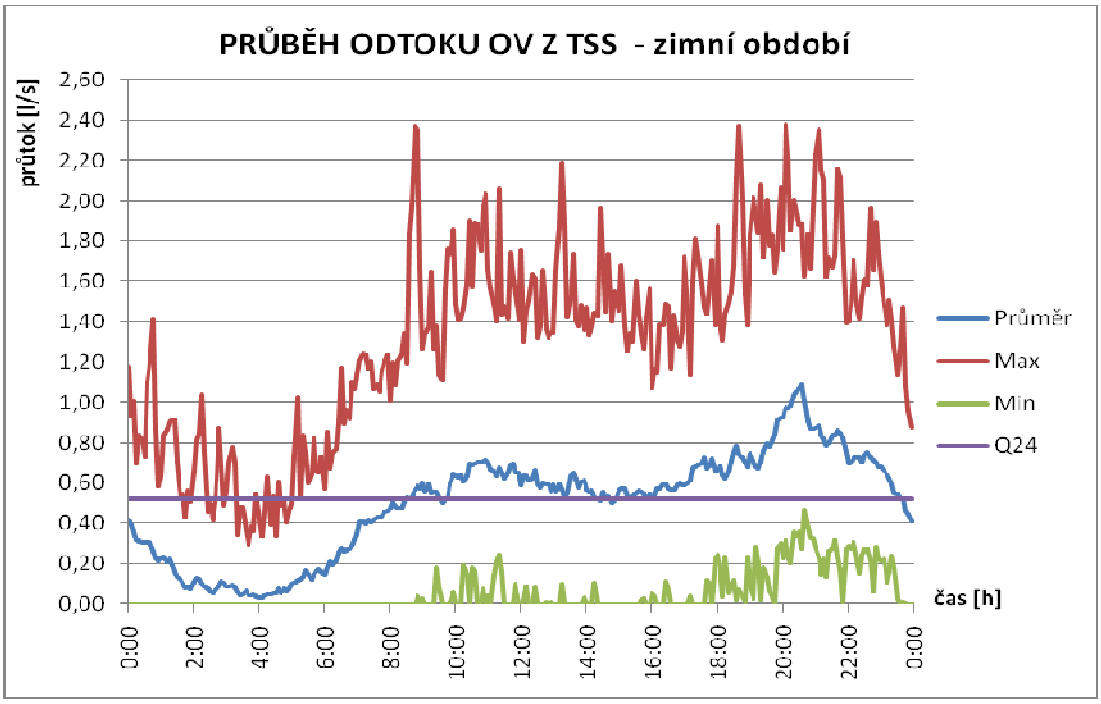
Obr. 3.23 Průběh odtoku odpadní vody z TSS - zimní období

Na grafu průběhu odtoku odpadní vody z TSS za zimní období (Obr. 3.23) je vidět, že průměrné denní odtoky Q_{24} jsou ve dnech pracovního klidu vyšší. To je patrné i v grafu, kde vybraná data zahrnula období vánočních svátků. Tento týden pak odtoky Q_{24} měly na síti vyšší hodnoty.



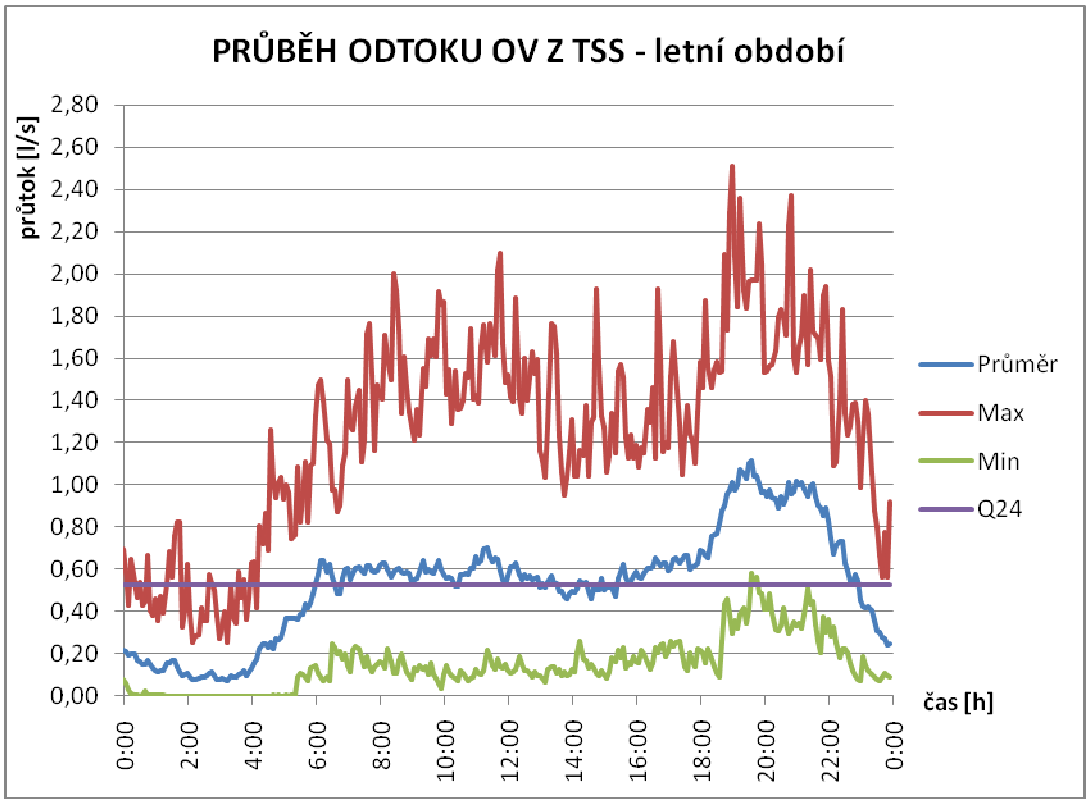
Obr. 3.24 Průběh odtoku odpadní vody z TSS - letní období

Z grafu průběhu odtoku odpadní vody z TSS za letní období (Obr. 3.24) je vidět, že odtoky Q_{24} jsou opět ve dnech pracovního klidu vyšší. Jsou zde také vidět vyšší maximální hodnoty u maximálních denních odtoků Q_d na síti TSS a to zhruba o 0,2 l/s než v zimním období. To nám ukazuje výpadky proudu v obci a po obnovení dodávky energie sepnutí více čerpadel.



Obr. 3.25 Průběh odtoku odpadní vody z TSS - zimní období

Při vyhodnocení průměrných hodnot hodinových odtoku odpadní vody z TSS jsou vidět průměrné Q_h odtoky v ranních, poledních a večerních hodinách. Pro lepší orientaci je graf doplněn o průměrný odtok odpadní vody Q_{24} z TSS 0,52 l/s.



Obr. 3.26 Průběh odtoku odpadní vody z TSS - letní období

Vyhodnocením průměrného denního odtoku odpadní vody z TSS bylo zjištěno, že v letním období u minimálních hodinových průtoků je tento průtok vyšší. Co by mohlo být příčinou? Jako jeden z možných důvodů je netěsnost domovní gravitační přípojky do ČJ, kam infiltruje dešťová voda, která se vsakuje do půdy. Půda je v zimním období zmrzlá a neumožní infiltraci vody do kanalizace. Dalším možným důvodem je používání letních kuchyní, přepady odpadní vody z bazénů či napojení dešťových vod do ČJ.

3.4.2 Vyhodnocení dat pomocí softwaru

Ve snaze urychlit zpracování velkého množství dat. Jsem se snažil najít vhodnou aplikaci. Už pro filtraci naměřených dat jsem použil databázovou aplikaci Microsoft Office Access. Tento prostředek je vhodný pro výběr dat, ale pro vyhodnocení odtoků je velmi složitý bez znalosti programování, protože kritéria výběru se zadávají v programovacím jazyku.

Dalším zkoušeným programem byla aplikace STATISTICA CZ 9, která vybrala požadovanou hodnotu (MAX, MIN, PRŮMĚR) v zadaném období, ale neumožnila širší

náhled na hodnoty jako na celek. Tím nebylo možno si dobře udělat představu o zobrazené hodnotě.

Tento problém jsem pocítil i u další aplikace Smart MQI od společnosti ELA, spol. s r.o., která program dodává k průtokoměrům. Data lze opět vyhodnotit pouze v jednotlivé dny či konkrétní čas, ale neumožní přehled v průměrných hodnotách.

3.5 VYHODNOCENÍ JAKOSTI ODPADNÍ VODY

3.5.1 Složení odpadní vody

Látky obsažené v odpadních vodách z TSS mají stejně jako u klasických gravitačních stok původ v pitné vodě, lidských exkrementech a produktech lidské činnosti v domácnostech, které jsou odváděny do kanalizace (MALÝ, 2006). Na rozdíl od klasické gravitační splaškové stoky však nedochází k infiltraci balastních vod do uzavřeného systému. Jisté nebezpečí infiltrace existuje pouze mezi odvodňovanou nemovitostí a domovní čerpací jímkou v případě poškození gravitační kanalizační přípojky do čerpací jímky či septiku. (PERNIČKA, 2011)

Veškeré znečišťující látky jsou tvořeny přibližně z 50 % látkami organickými a 50 % látkami anorganickými. U rozpuštěných látek dominují anorganické podíly nad organickými a u nerozpuštěných látek je tomu naopak. Nerozpuštěné látky se dále dělí na látky usaditelné a neusaditelné. Zvláštní skupinu neusaditelných látek tvoří látky plovoucí, např. papír, textilie, zbytky ovoce a zeleniny, plasty atd. Hlavní podíl znečišťujících látek připadá na metabolity (moč a fekálie). Předpokládá se, že přibližně 80 % organických látek pochází z moče a fekálií (PITTER, 1999).

Dalším zdrojem organických látek jsou zbytky živočišné a rostlinné potravy z kuchyní (bílkoviny, tuky, sacharidy). Sušinu fekálií tvoří zbytky střevních bakterií, bílkoviny, polysacharidy a lipidy (tuky) a jejich rozkladné produkty. Z anorganických látek jsou významnou složkou znečištění splaškové odpadní vody sloučeniny dusíku, chloridy, sloučeniny fosforu a sloučeniny síry, které jsou obsaženy jak v moči, tak jsou součástí pracích a čistících prostředků.

Další zdroj anorganických látek je z pitné vody. Pitná voda obsahuje zejména anorganické látky, zejména soli Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, HCO^{3-}, SO^{4-}, Cl^{-} a NO^{3-}. (MALÝ, 2006)

Mezi nejdůležitější ukazatele kvality odpadní vody u TSS patří biochemická a chemická spotřeba kyslíku (BSK_5 a CHSK), dále pak množství nerozpuštěných, popřípadě rozpuštěných látek (NL a RL), celkový fosfor obsažený v odpadní vodě P_{celk} a dusík, především v podobě amoniakálního dusíku $N\text{-}NH_4$, dusičnanů $N\text{-}NO_3$, dusitanů $N\text{-}NO_2$, nebo v podobě celkového dusíku N_{celk} obsaženého v odpadní vodě aj (Tab. 3.15). (PERNIČKA, 2011)

Tab. 3.15 Srovnání koncentrací znečištění jednotlivých systémů tlakové kanalizace v USA (Beránek, 2000)

parametr (mg/l)	typické městské odpadní vody		mělnící systém		systém mechanického předčištění	
	rozmezí	průměr	rozmezí	průměr	rozmezí	průměr
BSK_5	110 - 400	220	150 - 600	255	90 - 200	150
CHSK	250 - 1000	500	300 - 1000	600	-	300
NL	100 - 350	220	60 - 1000	260	40 - 100	80
$N\text{-}NH_4$	12 - 50	25	35 - 70	40	30 - 40	35
N_{anorg}	20 - 85	40	35 - 140	60	7 - 50.	40
P_{celk}	4 - 15	8	2 - 30.	12	-	7

3.5.2 Vliv dusičnanů a metanu na systém TSS

Anaerobní biofilm v kanalizaci se skládá z mnoha různých mikrobiálních populací, včetně bakterií redukující síru, methanogeny a heterotrofní bakterie. Přírůstek dusičnanů při pokusu kontrolovat koncentraci sirovodíku ovlivňuje chování těchto populací což má vliv na vlastnosti odpadní vody. Experimenty byly provedeny na laboratorním systému reaktoru simulováním TSS pro určení důsledku přírůstku dusičnanů na mikrobiální aktivity na anaerobní biofilm. Dusičnany byly přidány na začátek TSS během čerpacích cyklů v koncentraci 30 mg dusíku/l každých 5 měsíců. Zatím co se redukovalo množství prvků síry na odtoku ze systému (66%), dusičnany nebyly toxické nebo inhibiční pro aktivitu a neměli účinek na populaci v biobilmu. Dlouhodobý přírůstek dusičnanů ve skutečnosti stimuloval aktivitu v biofirmu. Přírůstek dusičnanů také stimuloval aktivitu redukce dusičnanů, v síru oxidující bakterie, která se objevila především pro prevenci nárůstu síry v odpadní vodě za přítomnosti dusičnanů. Krátké adaptační období 3-4 x cca 10h dusičnanů bylo potřebné ke stimulaci biologické oxidace síry po které nebyla pozorována žádná akumulace síry při anoxických podmínkách. Přírůstek dusičnanů efektivně kontroloval koncentrace metanu v odpadní vodě. Zvýšení množství dusičnanů způsobilo následně zvýšení spotřeby CHSK v odpadní vodě. Tyto výsledky poskytují komplexní porozumění účinku přírůstku dusičnanů na složení odpadní vody a mikrobiální aktivity biofilmu, které usnadní optimalizaci dávkování dusičnanů pro efektivní kontrolu síry v TSS. (ELSEVIER, 2009)

V laboratoři byla zkoumána přeměna síry anoxickou a anaerobní cestou při dávkování dusičnanů. Čtyři reaktory v sériovém zapojení měli napodobit TSS. Strategie dávkování dusičnanů byla účinná při kontrole síry, jak potvrdily dlouhodobá měření síry. Oxidace anoxického síry dojde postupně ve dvou krocích, a sice oxidace síry na síru (S^0) a oxidace síry na sulfát (SO_4^{2-}). Druhý krok oxidace ke kterému došlo, když byl ukončen první krok, měl hodnotu přibližnou 15% z prvního kroku.

Když byly vyčerpány dusičnany, sulfát a síra byly zároveň sníženy (redukovány) na sulfit. Redukce sulfátu měla podstatně vyšší hodnotu (5x) než redukce síry. Poměrně nižší hodnota oxidace a redukce síry naznačuje, že síra je důležitý přechod mezi anoxickou a anaerobní přeměnou. Studie elektronovým mikroskopem ukázali přítomnost síry, která byla ve významném množství ve výši 9,9-16,7 mg-S/g biomasy v biofirmu s a bez dusičnanů. Koncepční model přeměny síry byl zřízen s cílem charakterizovat převládající přeměny síry v TSS při současném dávkování dusičnanů. Výsledky jsou relativní pro dávkování dusičnanů do TSS pro řízení množství sulfidů. (ELSEVIER, 2009)

V polední době byl zaznamenán významný vznik metanu v kanalizacích, který se podílí významně na celkových emisích skleníkových plynů z odpadní vody. Porozumění biologické přeměny vyskytující se v kanalizaci, zejména soupeření mezi metanogeními a sulfát – redukující populacemi pro výměnu elektronů, je nezbytným krokem k minimalizaci emisí metanu v kanalizaci. Nejvíce odpovídající parametry modelu byly kalibrovány v laboratorním měřítku experimentálních dat. Kalibrovaný model popsal data velice dobře. Tento model byl pak použit ke zkoumání účinku některých klíčových kanalizačních konstrukcí s parametrem výskytu metanu. Výsledky simulace ukázaly, že produkce metanu je velmi závislá na hydraulické době zdržení v potrubí a poměru ploch potrubí k objemu (A/V), ukazující vyšší metanovou koncentraci v dlouhé době zdržení nebo vyšší A/V poměr. (ELSEVIER, 2009)

3.5.3 Legislativa pro hodnocení jakosti odpadní vody

Vyhodnocení jakosti odpadní vody a plán kontrol řeší vyhláška č. 428/2001 Sb. a novela 146/2004 Sb.. A to dle:

§ 9 Plán kontrol míry znečištění odpadních vod a kalů

(1) Plán kontrol míry znečištění odpadních vod obsahuje tyto části:

a) místa odběrů vzorků v kontrolních profilech technologické linky čistírny odpadních vod a výustí odpadních vod bez čištění,

pro odpadní vodu čištěnou:

- Místo přítoku OV do ČOV

- Místa mezi jednotlivými stupni čištění OV (provozní soubory)
- Místo odtoku OV z ČOV

pro odpadní vodu nečištěnou:

- Volné výusti odpadní vody do vodního recipientu

b) rozsah prováděných rozborů podle sledovaných ukazatelů jakosti v kontrolních profilech technologické linky čistírny odpadních vod a výustí odpadních vod bez čištění, (Tab. 3.16)

Tab. 3.16 Minimální rozsahy požadovaných rozborů (Příloha č. 10 k vyhlášce č. 428/2001 Sb.)

A) ZÁKLADNÍ ROZBOR

Ukazatel	Symbol	Jednotka
Biochemická spotřeba kyslíku	BSK_5	mg/l
Chemická spotřeba kyslíku dichromanovou metodou	$CHSK_5$	mg/l
Nerozpuštěné látky sušené	NL	mg/l
Reakce vody	pH	

B) ROZBOR NA URČENÍ FOREM DUSÍKU A FOSFORU (DÁLE DUSÍK, FOSFOR)

Ukazatel	Symbol	Jednotka
Amoniakální dusík	$N - NH_4^+$	mg/l
Celkový anorganický dusík	$N_{anorg.}$	mg/l
Celkový dusík	$N_{celk.}$	mg/l
Celkový fosfor	$P_{celk.}$	mg/l

C) PROVOZNÍ SOUBOR

Zahrnuje ukazatele základního rozboru a ukazatele pro formy dusíku a fosforu, z nichž provozovatel vybere rozsah rozborů v závislosti na způsobu a složitosti čištění odpadní vody

Rozšíření rozsahu rozborů:

Podle místních podmínek může určit provozovatel sledování dalších ukazatelů, které mohou mít vliv na čistící efekt čistírny odpadních vod nebo na znečištění vodního recipientu.

c) četnost rozborů v jednotlivých kontrolních profilech technologické linky čistírny odpadních vod a výustí odpadních vod bez čištění, (Tab. 3.17 a Tab. 3.18)

Tab. 3.17 A) Míra znečištění OV - Minimální četnost a rozsah kontroly (Příloha č. 10 k vyhlášce č. 428/2001 Sb.)

MÍSTA ODBĚRŮ:

PŘÍTOK ODPADNÍ VODY DO ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD
ODTOK Z ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD
ODPADNÍ VODA NEČIŠTĚNÁ (VYPOUŠTĚNÁ) Z KAŽDÉ VOLNÉ VÝUSTĚ

Velikost čistírny odpadních vod	Rozsah a četnost kontrol / rok (podle typu odběru vzorku)					
	vzorek a		vzorek b		vzorek c	
počet připojených ekvivalentních obyvatel	základní rozbor	dusík, fosfor	základní rozbor	dusík, fosfor	základní rozbor	Dusík, Fosfor
do 200	1					
201 – 500	2	1				
501 – 2 000	4	2				
2 001 – 5 000			4 [1)]	4 [1)]		
5 001 – 10 000			6 [1)]	6 [1)]		
10 001 - 50 000			12	12		
> nad 50 000					24	24

Typ odběru vzorku:

vzorek a: dvouhodinový směsný vzorek získaný sléváním 8 dílčích vzorků stejného objemu v intervalu 15 min. Čas odběru se určí tak, aby co nejlépe charakterizoval činnost sledovaného zařízení.

vzorek b: dvacetičtyřhodinový směsný vzorek získaný sléváním 12 objemově stejných dílčích vzorků odebíraných v intervalu 2 hodin.

vzorek c: dvacetičtyřhodinový směsný vzorek získaný sléváním 12 objemově průtoku úměrných dílčích vzorků odebíraných v intervalu 2 hodin.

Tab. 3.18 B) Provozní rozbory - Minimální četnost a rozsah kontroly (Příloha č. 10 k vyhlášce č. 428/2001 Sb.)

MÍSTA ODBĚRŮ:

PŘÍTOK NA ČISTÍRNU ODPADNÍCH VOD A ODTOK Z ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD

Velikost čistírny odpadních vod	Rozsah a četnost kontrol / rok	
	vzorek a	
počet připojených ekvivalentních obyvatel	základní rozbor	dusík, fosfor
do 200	x	x
201 – 500	x	x
501 – 2 000	x	x
2 001 – 5 000	6	x
5 001 – 25 000	12	12
25 001 – 100 000	26	26
nad 100 000	x	x

x Četnost určí provozovatel podle potřeby provozu.
Četnost u čistírny nad 100 000 ekvivalentních obyvatel nesmí být nižší než uvedená četnost pro nižší počet připojených ekvivalentních obyvatel.

d) postupy odběrů, úpravy vzorků a metody rozborů vzorků vod a kalů,

e) způsob zpracování výsledků kontrol míry znečištění odpadních vod a jejich evidence.

(2) Technické ukazatele pro plán kontrol míry znečištění odpadních vod jsou uvedeny v příloze č. 10. k vyhlášce č. 428/2001 Sb.

(3) Při odběru vzorků odpadních vod a kalů, včetně jejich konzervace a manipulace, se postupuje podle normových hodnot.

(4) Ukazatele míry znečištění odpadních vod se zjišťují postupem odpovídajícím metodám obsaženým v normových hodnotách, při jejichž použití se pro účely této vyhlášky má za to, že výsledek je co do mezí stanovitelnosti, přesnosti a správnosti prokázaný. Při použití jiné metody musí být prokázáno, že použitá metoda je stejně spolehlivá, například rozhodčí analytická metoda podle zvláštního právního předpisi.[7a) příloha č. 2 k vyhlášce č. 293/2002 Sb.]

(5) Plán kontrol míry znečištění odpadních vod musí být v souladu se schváleným kanalizačním řádem (§ 14 odst. 3 zákona).

§ 26 POŽADAVKY NA ROZBOR VZORKŮ ODPADNÍCH VOD

(1) Kontrolní vzorky odpadních vod vypouštěných kanalizační přípojkou do stokové sítě odebírá provozovatel za přítomnosti odběratele. Pokud se odběratel, ač provozovatelem vyzván, k odběru vzorků nedostaví, provozovatel vzorek odebere bez jeho účasti. Část odebraného vzorku nutnou k zajištění paralelního rozboru nabídne odběrateli. O odběru vzorku sepíše provozovatel s odběratelem protokol.

(2) Jsou-li mezi provozovatelem a odběratelem rozpory ve věci rozborů vzorků odpadních vod, provádí rozbor kontrolních odebraných vzorků odpadních vod kontrolní laboratoř stanovená zvláštním právním předpisem. (Vyhláška č.146/2004 Sb.)

3.5.4 Vyhodnocení odpadní vody v obci Štěpánovice

Odpadní vody pro rozbor kvality z obce Štěpánovice jsou odebírány na výtoku z TSS do gravitačního potrubí v obci Předklášteří, odkud odpadní voda teče gravitačně na čistírnu odpadních vod v obci Březina. Počet napojených obyvatel na TSS je 463. Celková délka systému 8708,2 m se 160 ČJ. Podle legislativy je prováděn odběr vzorku typu A, což je dvouhodinový směsný vzorek získaný sléváním 8 dílčích vzorků stejného objemu v intervalu 15 min.

Tab. 3.19 Hodnoty ukazatelů kvality OV v TSS Štěpánovice

ukaz. \ dat.	8.11.2006	4.4.2007	21.11.2007
BSK_5 (mg/l)	370	380	229
CHSK (mg/l)	1920	928	1500
NL (mg/l)	184	211	103
$N\text{-}NH_4$ (mg/l)	81,7	115	120
Pcelk (mg/l)	12,2	14,6	14,2
$N\text{-}NO_2$ (mg/l)	0,23	-	-
$N\text{-}NO_3$ (mg/l)	0,24	-	-
Ncelk (mg/l)	105	161	147
RL (mg/l)	988	-	-
BSK_5/CHSK	0,19	0,41	0,15
$BSK_5/N\text{-}NH_4$	4,53	3,30	1,91
pH	7,8	7,1	8,4

Tab. 3.20 Statistické vyhodnocení OV v TSS v obci Štěpánovice (PERNIČKA, 2011)

ukazatel	arit.průměr	max.	min.	medián
BSK_5 (mg/l)	326	380	229	370
CHSK (mg/l)	1449	1920	928	1500
NL (mg/l)	166	211	103	184
$N\text{-}NH_4$ (mg/l)	105,6	120,0	81,7	115,0
Pcelk (mg/l)	13,7	14,6	12,2	14,2
$N\text{-}NO_2$ (mg/l)	0,23	0,23	0,23	0,23
$N\text{-}NO_3$ (mg/l)	0,24	0,24	0,24	0,24
Ncelk (mg/l)	137,7	161,0	105,0	147,0
RL (mg/l)	988	988	988	988
BSK_5/CHSK	0,25	0,41	0,15	0,19
$BSK_5/N\text{-}NH_4$	3,25	4,53	1,91	3,30

3.5.5 Doba zdržení odpadní vody

V zařízeních na odvádění odpadních vod, která se zřetelem na dobu zdržení a odvětrání podléhají normálním provozním podmínkám, může dojít v důsledku anaerobních procesů k tvorbě sirovodíku (H_2S). Jestliže jsou takovýmto znečištěním předem zatížené odpadní vody vypouštěné do gravitační stokové sítě, existuje nebezpečí vzniku koroze působením biogenní kyseliny sírové těch stok, které nejsou provedeny z materiálů odolných korozi. Odpadní vody podléhají přirozenému procesu odbourávání. H_2S vzniká anaerobním odbouráváním v biofirmu (biologickém povlaku), který narůstá na vnitřním povrchu trub, a v kalu, který se usazuje na určitých místech v potrubním systému, v němž je průtočná rychlost příliš nízká. Hlavními ovlivňujícími parametry jsou doba zdržení, průtočná rychlost v potrubí, teplota, redox-potenciál a obsah rozpuštěného kyslíku.

Sirovodík se obvykle jako plyn uvolňuje na konci tlakového potrubí, kde je atmosferický tlak. Plyn oxiduje v kondensátu na stěnách gravitačních stok na kyselinu sírovou. Materiály nedostatečně odolné proti korosi mohou v takovém případě korodovat.

V extrémních případech, např. v území se sezonním silně kolísavým počtem obyvatel, se provádí zvláštní opatření, jako vyplachování úseků nebo celkové potrubní sítě vodou nebo tlakovým vzduchem. Většinou bývá jako proplachovací médium volen tlakový vzduch.

Odpadní vody nemají zůstávat v systému déle než 8 hodin, aby bylo zabráněno tvorbě plynů v systému. (ČSN EN 1671)

Přesnou dobu zdržení v trubní síti nelze běžnými výpočtovými postupy přesně určit. Na její hodnotu má vliv hned několik faktorů (délka a rozvětvení trubními sítě, objem trubní sítě, průměrná potřeba vody, denní nerovnoměrnost odtoků, počet obyvatel aj.). Průměrnou dobu zdržení lze přibližně definovat jako poměr objemu stokové sítě a průměrné potřeby vody na obyvatele za den vynásobeného počtem obyvatel dle vztahu (3.7). (PERNIČKA, 2011)

$$T = \frac{V_{síť}}{q_{sp} * PO} \tag{3.7}$$

$$T = \frac{26,56}{0,0936 * 463} = 0,612d = 14,68h,$$

kde $V_{síť}$ ….. celkový objem tlakové trubní sítě (m^3),

q_{sp} …. specifická potřeba vody (dle měření v obci Štěpánovice 93,6 l/os/den),

PO …… počet připojených obyvatel.

V době zprovoznění systému TSS roku 2006 docházelo k výskytu občasného zápachu v obci Štěpánovice, respektive v Předklášteří na výtoku z TSS do gravitační kanalizace. Při spuštění systému bylo napojeno 130 ČJ, zbylé ČJ byly napojeny v období 2 až 3 let. Výskyt zápachu znepříjemňoval žití v okolí výtoku OV ze systému zhruba 3 roky. Zápach se projevoval pouze nahodile. Navržené řešení pro odstranění zápachu bylo nejprve zvýšení počtu připojených domácností na TSS. Dále kontrola, zda odpadní vody natékají do ČJ napřímo bez přepadu ze stávajících septiků (žump). Pro stále se vyskytující problém se zápachem byla vybudována na TSS při odtoku odpadních vod z obce Štěpánovice dávkovací šachta (Obr. 3.27), která měla umožnit přidání chemikálií do systému pro zlepšení kvality vytékající odpadní vody a odstranění zápachu. Tato šachta byla v obci realizována, ale nedošlo k jejímu zprovoznění. Nyní k výskytu zápachu nedochází, přestože doba zdržení odpadní vody v systému je delší než 8h a to zhruba 14,7h. Nastává otázkou, co bylo příčinou zápachu při spouštění systému tlakové kanalizace. Možnou příčinou mohlo být vyřazování stávajících septiku či žump z provozu, kdy odpadní vody byly nekontrolovatelně přečerpávány do ČJ. Tyto odpadní vody mají horší kvalitu z důvodu promíchání s usazeným kalem na dně nádrže, kde je septické prostředí.

Obr. 3.27 Šachta pro dávkování chemikálií

Opatření proti možnému vzniku zápachu

Jako možné vhodné opatření je řízená likvidace těchto odpadních vod při spouštění systému a to například vyvezení odpadní vody ze septiků, žump fekálním vozem přímo na ČOV. Případně odpadní vody přečerpávat do ČJ postupně, aby nedocházelo k přetížení systému nekvalitní OV. To znamená mít dostatečné napojení nemovitostí na TSS, aby byl zajištěn průtok na síti a krátká doba zdržení. Opatření odvozem odpadních vod na ČOV ze septiků, žump se osvědčilo na jiných realizovaných stavbách a při spuštění systému TSS pak nedošlo k výskytu zápachu. Na náklady vzniklé s odvozem odpadních vod je vhodné myslet již při vytváření rozpočtu na realizaci stavby.

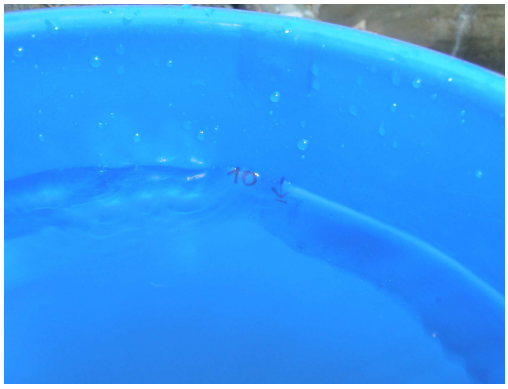
3.6 OVĚŘENÍ PRACOVNÍHO BODU ČERPADLA

Toto měření mělo za úkol ověřit skutečné průtoky odpadní vody čerpadlem v ČJ po několika letech provozu a následně stanovit pracovní bod. Zvolená čerpací jímka byla u čp. 127, kde bylo osazeno původní čerpadlo z doby zprovoznění TSS v roce 2006 a nebyla na něm provedena žádná oprava (Obr. 3.28).

Obr. 3.28 Zvolená ČJ pro ověření pracovního bodu u čp. 127

3.6.1 Měření

Pro ověření pracovního bodu čerpadla jsme potřebovali měrnou nádobu na 10 litrů. Hodnotu 10 litrů jsme určili pomocí laboratorních měrných válců, které jsme přelévali do nádoby a po odlití 10 litrů jsme vyznačili na stěně nádoby. Toto jsme zopakovali ještě dvakrát a poté ve středu značek označili 10 litrů (Obr. 3.29).



Obr. 3.29 Měrná nádoba

S připravenou nádobou jsme mohli provést měření na zvolené ČJ u čp. 127. Před měřením bylo nuceně zapnutu čerpadlo pro odčerpání odpadní vody z jímky na úroveň vypínací hladiny, dále byl zamezen přítok odpadní vody z domácnosti.

Po automatickém vypnutí čerpadla a uklidnění hladiny v čerpací jímce byla změřena úroveň hladiny odpadní vody. Následovalo naplnění čerpací jímky 100 litry vody pomocí měrné nádoby o objemu 10 litrů a opět byla změřena hladina odpadní vody.

Měření pokračovalo zapnutím čerpadla za současného spuštění digitálních stopek a sledoval se čas, za který se hladina odpadní vody v čerpací jímce dostane na úroveň vypínací hladiny a čerpadlo se vypne. V tu chvíli došlo i k zastavení stopek a odečtu doby čerpání (Obr. 3.30). Opět jsme změřili úroveň hladiny odpadní vody laserovým dálkoměrem (Obr. 3.31).

Obr. 3.30 Stopky pro stanovení doby čerpání

Obr. 3.31 Laserový dálkoměr pro zaměření polohy hladiny

3.6.2 Výpočet

S takto naměřenými hodnotami jsme stanovili skutečné čerpané množství odpadní vody čerpadla dle rovnice (3.8) a určili pracovní bod (Obr. 3.32).

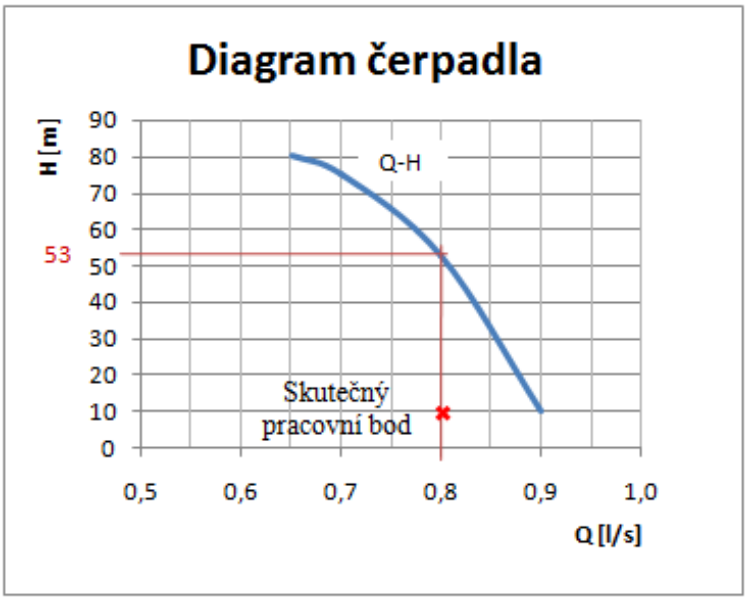
$$Q = \frac{V}{t}, \tag{3.8}$$

$$Q = \frac{100}{124{,}46} = 0{,}8 l/s,$$

kde Q ….. skutečný průtok čerpadlem (l/s),

V …. čerpané množství (l),

t …… čas čerpání (s).



Obr. 3.32 Diagram čerpadla - ověření pracovního bodu

3.6.3 Vyhodnocení

Výpočtem bylo zjištěno, že skutečné čerpané množství je 0,8 l/s a z grafu odečtená hodnota pracovního bodu odpovídá výšce 53,0 m. Při srovnání naměřených hodnot s hodnotami udávaných výrobcem 0,67 l/s při převýšení až 60,0 m naměřené hodnoty ukázaly nižší tlakové hodnoty a vyšší průtok. To znamená, že vlivem doby provozu čerpadla došlo k opotřebení vřetene a gumového pouzdra.

3.7 VYHODNOCENÍ PORUCHOVOSTI TSS

Zpravování poruchovosti bylo vyhotoveno na základě reklamačních listů a shrnuto (Tab. 3.21). Data byla následně vyhodnocena na druh a četnost poruch na systému TSS (Tab. 3.22).

Tab. 3.21 Seznam poruch v záruční době

Datum	Čp.	Popis poruchy	Provedené práce
rok 2008			
23.6.2008	49	Znečištěné hroty vodním kamenem, vadný stykač A-12	očištění hrotů EHJ
17.12.2008	1	Zaseknuté čerpadlo - cizí předmět v řezáku - hadr	
rok 2009			
22.1.2009	5	Vadný proudový chránič	výměna proudového chrániče
27.1.2009	27	Textilie v řezacím ústrojí	očištění hrotů EHJ
5.2.2009	64	Vadné HHV	výměna HHV
5.2.2009	104	Vadné HHV	výměna HHV
28.3.2009	151	Vadné HHV - 01A - trvale seplé kontakty	výměna HHV
11.9.2009	34	Snímací elektrody na stěně šachty - v šachtě je příliš mnoho tuků	očištění hrotů EHJ
rok 2010			
14.4.2010	115	Špatný izolační stav čerpadla, zanedbaný stav	výměna čerpadla
20.4.2010	86	Špatný izolační stav čerpadla, vadná ložiska	výměna čerpadla
28.5.2010	116	Spálená hydraulika, běžné opotřebení, ČJ čistá	výměna hydrauliky
15.6.2010	116	Vadné HHV- vyhazuje chránič - nespíná	výměna HHV
4.10.2010	92	Snímací elektrody na stěně šachty	výměna hydrauliky

Tab. 3.22 Vyhodnocení poruchovosti

Druh poruchy	počet
výměna HHV	4
očištění hrotů EHJ	3
výměna čerpadla	2
výměna proudového chrániče	1
výměna hydrauliky	2

Vyhodnocením poruchovosti bylo zjištěno, že nejvíce poruch vzniká na elektroinstalaci a snímání hladin odpadní vody. Důvod vzniku těchto poruch je dán místem použití a umístění vybavení ve vlhkém prostředí. Díky tomu dochází ke špatnému kontaktu nebo spálení snímače HVV (Obr. 3.33).

Obr. 3.33 Snímač HVV-01 (Marweb.sk [online])

Popis a funkce HHV-01

Hlídač je určen pro hlídání dvou úrovní hladin s výstupním střídavým napětím na sondách (12V AC). Relé spíná při dosažení horní úrovně hladiny a rozpíná při poklesu pod dolní úroveň hladiny.

Nejčastější porucha na snímači hladiny odpadní vody (Obr. 3.34) je způsobena zkorodováním snímací elektrody vlivem působení agresivní odpadní vody nebo obalení elektrody tuky (ty snímač nepočkodí, ale vyřadí provoz čerpací jímky).

Obr. 3.34 Snímací hroty hladiny EHJ

S poruchou špatného fungování snímání hladiny odpadní vody souvisí další porucha a to spálení čerpadla. Když nedošlo k vypnutí čerpadla a čerpací jímka byla vyčerpána na maximum, následně došlo z důvodu suchého čerpání ke spálení čerpadla. Stejný druh poruchy vznikl uvolněním snímacích hrotů a jejich pádem do jímky nebo vychýlením na stěnu čerpací jímky. Tím byl vysílán signál pro chod čerpadla.

Další poruchy čerpadla byly způsobeny nekázní uživatelů při vypouštění odpadních vod do jímky, kdy došlo k zachycení hadru na řezacím zařízení nebo k ucpání vřetena netkanými ubrousky.

Po skončení záruční doby TSS obec dále nevede záznam o poruchovosti. Při jednání s obcí o provozu bylo zjištěno, že nejvíce poruch je nadále vypozorováno na elektroinstalaci v ovládací skříňce a dále znečištěním snímacích hrotů v čerpací jímce. V minimální míře se vyskytuje porucha na čerpadle. Průměrná délka potřebného času k odstranění poruchy je 20 minut a k opravě dojde do 2 hodin od nahlášení poruchy. Obec provádí kontrolu a oplach čerpacích jímek 1x za rok.

Pro porovnání přikládám provozní zkušenosti TSS prezentované na konferenci SOVAK ČR, Ostrava 2011.

Domovní čerpací stanice malých průměrů jsou zcela nevhodné, v případě poruchy je velmi problematické výměna čerpadla. Je třeba osazovat jímky o průměru 1000 mm opatřené stupadly. Spojení čerpadla s výtlačným řadem je nutno provést lehce rozebíratelným spojem, poté je možná výměna vadného čerpadla a osazení nového čerpadla bez nutnosti odčerpání obsahu jímky, v opačném případě je nutno použít fekální vůz.

Napojení kabelů čerpadel ve svorkovnici v čerpací jímce je jedním z nejčastějších zdrojů závad, v agresivním a vlhkém prostředí dochází velmi rychle ke korozi svorek. Je nutné vést kabely chráničkami vcelku od čerpadla až do rozvaděče. Chráničky z čerpací jímky do rozvaděče je třeba provádět zvlášť pro silové vedení a zvlášť pro kabel ovládací.

Při opominutí údržby uzavíracích armatur v čerpacích jímkách dochází k omezení nebo ztrátě jejich funkčnosti a v případě demontáže čerpadla do jímky natékají odpadní vody z uličního řadu. Armatury je třeba udržovat protáčením s četností minimálně 2x za rok.

V čerpacích jímkách se usazují tuky, které časem znemožní chod hladinových spínačů, jímky je třeba 2x ročně čistit od nánosů tuků a usazenin.

Při poruše ovládání zapínání/vypínání čerpadel dojde zpravidla ke zničení motoru čerpadla, ochranu čerpadla je třeba zdvojit. (SOVAK, 2011)

4 DISKUZE

Při vyhodnocení tlaků na TSS bylo zaznamenáno, že na jednom z měřících míst byly hodnoty zaznamenané tlakoměrem záporné. Jak to je možné, že na tlakovém stokovém systému vzniká podtlak? Při bližším seznámením s umístění čerpacím jímky v terénu bylo zjištěno, že ČJ 128 se nachází na kopci v obci Štěpánovice ke konci řadu A3-1. Tím je dána nemožnost vzniku velkého tlaku na TSS z důvodu malého počtu čerpadel nad touto ČJ. Dále odpadní voda v potrubí měla tendenci vzhledem k umístění ČJ na kopci odtékat samospádem a došlo k uvolnění OV. Tím docházelo ke vzniku podtlaku v podtrubí nad uvolněnou OV. Uvolnění OV umožnil malý počet čerpadel na konci řadu, které nečerpaly OV do potrubí.

Vyhodnocením průtoků bylo zjištěno, že Q_d na síti TSS jsou vyšší v letním období zhruba o 0,2 l/s než v zimním období. To přisuzuji výpadku proudu v obci a po obnovení dodávky energie sepnutí více čerpadel. K výpadkům proudu dochází převážně v letním období. Z průměrného denního odtoku odpadní vody z TSS bylo zjištěno, že v letním období u minimálních hodinových průtoků je tento průtok vyšší. Co by mohlo být příčinou? Jako jeden možný důvod je netěsnost domovní gravitační přípojky do ČJ, kam infiltruje dešťová voda, která se vsakuje do půdy. Půda je v zimním období zmrzlá a neumožní infiltraci vody do kanalizace. Dalším možným důvodem je používání letních kuchyní, přepadů odpadní vody z bazénů či napojení dešťových vod do ČJ.

V době zprovoznění systému TSS roku 2006 docházelo k výskytu občasného zápachu v obci Štěpánovice, respektive v Předklášteří na výtoku z TSS do gravitační kanalizace. Výskyt zápachu znepříjemňoval žití v okolí výtoku OV ze systému zhruba 3 roky. Zápach se projevoval pouze nahodile. Nyní k výskytu zápachu nedochází, přestože doba zdržení odpadní vody v systému je delší než 8h a to zhruba 14,7h. Nastává otázkou, co bylo příčinou zápachu při spouštění systému tlakové kanalizace. Možnou příčinou mohlo být vyřazování stávajících septiku či žump z provozu, kdy odpadní vody byly nekontrolovatelně přečerpávány do ČJ. Tyto odpadní vody mají horší kvalitu z důvodu promíchání s usazeným kalem na dně nádrže, kde je septické prostředí.

Vyhodnocením poruchovosti bylo zjištěno, že nejvíce poruch vzniká na elektroinstalaci a snímání hladin odpadní vody. Příčina poruch je dána vlhkým a agresivním prostředí. Nejčastější porucha je na snímači hladiny OV způsobena zkorodováním snímací elektrody nebo spálení čerpadla. Další poruchy čerpadla byly způsobeny nekázní uživatelů. Nicméně počet poruch v obci je poměrně malý, je to dáno kvalitní údržbou ČJ. Pravidelně 1x za rok dochází k vyčerpání ČJ, k jejímu oplachu a kontrole zařízení. Čerpadla jsou i po pětiletém provozu v dobrém technickém stavu, kdy se jejich životnost pohybuje okolo 5 – 8 lety. Bylo by vhodné založit fond rezerv pro jejich budoucí postupnou výměnu.

5 ZÁVĚR

Tato práce měla za úkol popsat systém tlakové kanalizace se zaměřením na vyhodnocení provozu TSS v obci Štěpánovice, kde byla použita technologie firmy NEPTUN PRESSKAN a předána obci k provozu v roce 2006. Provozovaný systém má celkovou délku 8708,5m v dimenzi potrubí PE 100 D 40-110, ke kterému je připojeno 160 čerpacích jímek. Z obce Štěpánovice je odpadní voda odváděna výtlakem dlouhým 2,0 km do obce Předklášteří, kde je zaústěna do gravitační kanalizace. Pro sledování množství odpadních vod odváděných z obce je před nátokem do gravitační kanalizace na tlakovém potrubí osazen průtokoměr. Na tomto systému TSS byly vyhodnocovány tlakové poměry v potrubí, průtoky odváděné odpadní vody, kvalita odpadní vody, poruchovost systému a ověření čerpaného množství z čerpací jímky. Při vyhodnocování tlakových poměrů byl zaznamenán na systému tlakové kanalizace podtlak. Ten byl naměřen v čerpací jímce u konce řadu a zároveň byla na kopci. Vyhodnocení četnosti spínání čerpadla v čerpací jímce bylo obtížné z důvodu obtížného rozlišení maximálních tlaků od stálého tlaku na síti. Tuto chybu měření lze odstranit namontováním tlakoměru do čerpací jímky s dlouhou tlakovou přípojkou. Tím se sníží ovlivnění tlaku z hlavního potrubí a zvýrazní se tlak při sepnutém čerpadlu. Průtoky odtékané odpadní vody byly vyhodnocovány pro zimní a letní období v týdenním a denním cyklu. Měřením byly stanoveny maximální hodinové průtoky při odtoku odpadní vody z obce a dále zjištěn nárůst minimálního hodinového odtoku v letním období, což přisuzuji infiltraci dešťové vody do netěsných gravitačních přípojek a k provozu letních kuchyní. Zaměření na vyhodnocení jakosti vody bylo z důvodu výskytu občasného zápachu při výtoku odpadní vody do gravitační kanalizace v obci Předklášteří po spuštění provozu. Tento zápach se přestal vyskytovat po třech letech provozu. Dotazováním na způsob provozování tlakové kanalizace a z výsledků rozborů odpadní vody byl vytvořen názor, že zápach mohl vznikat přetížením systému nekvalitní odpadní vodou z důvodu vyčerpávání septiků a žump při jejich likvidaci. Další možnou příčinou by mohla být vysoká doba zdržení odpadní vody v potrubí, ale ta je i nyní. Možná byla potřebná doba pro vytvoření biofilmu na stěnách v potrubí. V TSS odpadní vody spotřebovávají O_2 a proudí v anaerobním prostředí za vzniku methanu a sirovodíku. Vyhodnocením poruchovosti systému bylo zjištěno, že největším rizikem je elektronická část a snímání hladin odpadní vody v čerpacích jímkách vlivem vlhkého, agresivního prostředí s výskytem tuků. Zjištěné poznatky by měli pomoci při navrhování systémů tlakové kanalizace a připravit provozovatele na možná rizika. To by mělo vést k úspoře nákladů při provozu TSS.

6 POUŽITÁ LITERATURA

[1] Affordableseptics.com [online]. Copyright 2000 - 2005 © [cit. 2011-12-08]. *Intermittent Sand Filters.* Dostupné z WWW: <http://www.affordableseptics.com/html/intermittant_sf.html>.

[2] BERÁNEK, Josef; PRAX, Petr. *Navrhování tlakové kanalizace.* Brno : Noel 2000, 1998. vi, 110 s. ISBN 80-86020-08-8(brož)

[3] Cuzk.cz [online]. Copyright © 2004 - 2011 [cit. 2011-12-08]. *Nahlížení do katastru nemovitostí.* Dostupné z WWW: <http://sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&MarQueryId=6D2BCEB5&MarQParam0=763501&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>.

[4] Česko. *Sbírka zákonů č. 428/2001 Sb.* : VYHLÁŠKA Ministerstva zemědělství ze dne 16. listopadu 2001,. In Sbírka zákonů, Česká republika. 2001, 161, s. 2-81.

[5] Česko. *Sbírka zákonů č. 146/2004 Sb.* : VYHLÁŠKA ze dne 23. března 2004,. In Sbírka zákonů, Česká republika. 2004, 48, s. 3-36.

[6] ČSN EN 1671. *Venkovní tlakové systémy stokových sítí.* Praha : Český normalizační institut, 1998. 28 s.

[7] ČSN 75 6401. *Čistírny odpadních vod pro více než 500 ekvivalentních obyvatel.* Praha : Český normalizační institut, 2006. 36 s.

[8] ĎAĎO, Stanislav; BEJČEK, Ludvík; PLATIL, Antonín. *Měření průtoku a výšky hladiny.* Praha : BEN - technická literatura, 2005. 448 s. ISBN 80-7300-156-X.

[9] Elabrno.cz [online]. 2011 [cit. 2011-12-09]. *MQI 99*. Dostupné z WWW: <http://www.elabrno.cz/ke-stazeni/navody/C_MQI_manual.pdf>.

[10] Google.cz [online]. ©2011 [cit. 2011-12-08]. *Mapy*. Dostupné z WWW: <http://maps.google.cz/maps?hl=cs&tab=wl>.

[11] GUISASOLA, Albert, Keshab R. SHARMA, Jurg KELLER, Zhiguo YUAN. *Development of a model for assessingmethane formation in rising main sewers*. Elsevier [online]. 8 July 2009, n. 43, [cit. 2011-12-07]. Dostupný z WWW: <http://www.elsevier.com>.

[12] JIANG, Guanfming, Keshab Raj SHARMA, Albert GUISASOLA, Jurg KELLER a Zhiguo YUAN, *Sulfur transformation in rising main sewers receiving nitrate dosage.* Elsevier [online]. 8 July 2009, n. 43, [cit. 2011-12-07]. Dostupný z WWW: <http://www.elsevier.com>.

[13] LAKSAR, Luboš. *Návrh tlakové kanalizace: bakalářská práce.* Brno, 2010. 63 stran. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Ústav vodního hospodářství obcí.

[14] MALÝ, Josef; MALÁ, Jitka. *Chemie a technologie vody*. 2. doplněné vydání. Údolní 56, 602 00 Brno, Česká republika : ARDEC s.r.o., 2006. 329 s. ISBN 80-86020-50-9.

[15] Marweb.sk [online]. 2011 © [cit. 2011-12-11]. *HHV-04*. Dostupné z WWW: <http://marweb.sk/plavakove-spinace-hladiny/677-hhv-01-a-hhv-04-spinac-hladiny-vodivostny-so-sondou-hhv.html>.

[16] MOHANAKRISHNAN, J., O. GUTIERREZ, K.R. SHARMA, R.L. MEYER, J. WERNER, YUAN. *Impact of nitrate addition on biofilm properties and activities in rising main sewers.* Elsevier [online]. 17 June 2009, n. 43, [cit. 2011-12-07]. Dostupný z WWW: <http://www.elsevier.com>.

[17] PERNIČKA, Jan. *Složení odpadních vod v sítích tlakových stokových systémů : bakalářská práce.* Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Ústav vodního hospodářství obcí.

[18] PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. Praha : VŠCHT, 1999. 568 s. ISBN 80-7080-340-1.

[19] Presskan.cz [online]. 2005 [cit. 2011-11-27]. *ČERPACÍ JÍMKY*. Dostupné z WWW: <presskan.cz>.

[20] Projektová dokumentace. *TLAKOVÁ KANALIZACE - ŠTĚPÁNOVICE.* Pardubice : NEPTUN PRESSKAN s.r.o. - Středisko přípravy staveb Pardubice, 2003.

[21] OKROUHLICKÝ, Vladimír. *Provoz vodovodů a kanalizací : Tlaková a podtlaková kanalizace z pohledu provozovatele*. In Konference SOVAK ČR. Ostrava : Sovak, 2011. s. 103-107.

[22] *Wastewater Technology Fact Sheet.* U.S. EPA [online]. September 2002, EPA 832-F-02-006, [cit. 2011-12-08]. Dostupný z WWW: <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P10099Q2.txt>

SEZNAM TABULEK

Tab. 1.1 Porovnání gravitační a tlakové kanalizace ... 3

Tab. 3.1 Výpis potrubí TSS ... 13

Tab. 3.2 Magneticko – indukční snímače (Elabrno.cz [online], 2011) ... 21

Tab. 3.3 Vyhodnocení dat z tlakoměru 1_CDL_1 ... 29

Tab. 3.4 Vyhodnocení dat z tlakoměru 1_CDL_2 ... 30

Tab. 3.5 Vyhodnocení dat z tlakoměru 1_CDL_3 ... 31

Tab. 3.6 Vyhodnocení dat z tlakoměru 1_CDL_4 ... 32

Tab. 3.7 Vyhodnocení dat z tlakoměru 2_CDL_2 ... 32

Tab. 3.8 Vyhodnocení dat z tlakoměru 2_CDL_3 ... 33

Tab. 3.9 Vyhodnocení dat z tlakoměru 2_CDL_4 ... 33

Tab. 3.10 Výpočet tlakových ztrát při p=68% ... 35

Tab. 3.11 Výpočet tlakových ztrát při p=86% ... 35

Tab. 3.12 Výpočet tlakových ztrát při p=95% ... 35

Tab. 3.13 Výpočet tlakových ztrát při p=99,7% ... 35

Tab. 3.14 Výpočet tlakových ztrát pro skutečný průtok ... 36

Tab. 3.15 Srovnání koncentrací znečištění jednotlivých systémů tlakové kanalizace v USA (Beránek, 2000) ... 44

Tab. 3.16 Minimální rozsahy požadovaných rozborů (Příloha č. 10 k vyhlášce č. 428/2001 Sb.) ... 46

Tab. 3.17 A) Míra znečištění OV - Minimální četnost a rozsah kontroly (Příloha č. 10 k vyhlášce č. 428/2001 Sb.) ... 47

Tab. 3.18 B) Provozní rozbory - Minimální četnost a rozsah kontroly (Příloha č. 10 k vyhlášce č. 428/2001 Sb.) ... 48

Tab. 3.19 Hodnoty ukazatelů kvality OV v TSS Štěpánovice ... 49

Tab. 3.20 Statistické vyhodnocení OV v TSS v obci Štěpánovice (PERNIČKA, 2011) 50

Tab. 3.21 Seznam poruch v záruční době ... 56

Tab. 3.22 Vyhodnocení poruchovosti ... 56

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1 Domovní čerpací jímka (Presskan.cz [online]) 6
Obr. 2.2 Veřejná čerpací jímka (Presskan.cz [online]) 6
Obr. 2.3 STEP systém (affordableseptics.com[online]) 8
Obr. 2.4 GP systém (affordableseptics.com[online]) 8
Obr. 3.1 Poloha obce Štěpánovice (Cuzk.cz [online]) 11
Obr. 3.2 Ortofoto snímek Štěpánovic (Google.cz [online]) 11
Obr. 3.3 Schematický řez čerpací jímkou (Presskan.cz [online]) 16
Obr. 3.4 Čerpadlo 1 1/4“ NP (Presskan.cz [online]) 17
Obr. 3.5 Schéma principu elektromagnetického průtokoměru (Elabrno.cz [online]) 18
Obr. 3.6 Montáž tlakoměru do ČJ u čp. 30 (MŠ + OÚ) 23
Obr. 3.7 Výtlačné potrubí před osazením tlakoměru 23
Obr. 3.8 Výtlačné potrubí po osazení tlakoměru 23
Obr. 3.9 Výřez dat stažených z tlakoměru 2_CDL_2 ve formátu .txt 24
Obr. 3.10 Výřez dat připravených k vyhodnocení z tlakoměru 2_CDL_2 ve formátu .xls 25
Obr. 3.11 Vyhodnocení tlaku pomocí softwaru CDLWin 26
Obr. 3.12 Vyhodnocení tlaku pomocí softwaru CDLWin v intervalu 1 týden 26
Obr. 3.13 Vyhodnocení tlaku pomocí softwaru CDLWin v intervalu 1 den 26
Obr. 3.14 Vyhodnocení tlaku pomocí softwaru CDLWin v intervalu svátek / prac. den 27
Obr. 3.15 Vyhodnocení tlaku v pracovní dny 2_CDL_2 28
Obr. 3.16 Vyhodnocení tlaku v dny pracovního klidu 2_CDL_2 28
Obr. 3.17 Vyhodnocení tlaku ve státní svátek 2_CDL2 29
Obr. 3.18 Vyhodnocení tlaku v pracovní dny 1_CDL_3 30
Obr. 3.19 Vyhodnocení tlaku v dny pracovního klidu 1_CDL_3 31
Obr. 3.20 Řídící jednotka 37
Obr. 3.21 Umístění průtokoměru a řídící jednotky 37
Obr. 3.22 Výřez dat stažených z průtokoměru ve formátu .accdb 38
Obr. 3.23 Průběh odtoku odpadní vody z TSS - zimní období 39

Obr. 3.24 Průběh odtoku odpadní vody z TSS - letní období 40
Obr. 3.25 Průběh odtoku odpadní vody z TSS - zimní období 40
Obr. 3.26 Průběh odtoku odpadní vody z TSS - letní období 41
Obr. 3.27 Šachta pro dávkování chemikálií 52
Obr. 3.28 Zvolená ČJ pro ověření pracovního bodu u čp. 127 53
Obr. 3.29 Měrná nádoba 53
Obr. 3.30 Stopky pro stanovení doby čerpání 54
Obr. 3.31 Laserový dálkoměr pro zaměření polohy hladiny 54
Obr. 3.32 Diagram čerpadla - ověření pracovního bodu 55
Obr. 3.33 Snímač HVV-01 (Marweb.sk [online]) 57
Obr. 3.34 Snímací hroty hladiny EHJ 57

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

BSK … biochemická spotřeba kyslíku

ČJ… čerpací jímka

ČOV… čistírna odpadních vod

DN … jmenovitá světlost

EHJ … snímací hroty hladiny

GP … grinder pump - mělnící zařízení

HHV … smímač hlídání úrovní hladin v čerpací jímce

CHSK … chemická spotřeba kyslíku

N_{anorg} … anorganický dusík

N_{celk} … celkový dusík

$N\text{-}NH_4$ … amoniakální dusík

$N\text{-}NO_3$ … dusičnany

$N\text{-}NO_2$ … dusitany

NL … nerozpuštěné látky

OV … odpadní voda

P_{celk} … celkový fosfor

PN … jmenovitý tlak

Q_d … maximální denní odtok

Q_h … maximální hodinový odtok

Q_{24} … průměrný denní odtok

RL … rozpuštěné látky

STEP … septic tank effluent pump - mechanické předčištění

TSS … tlakový systém stokových sítí

SEZNAM PŘÍLOH

1. Topologie TSS v obci Štěpánovice
2. Mapa měřících míst

SUMMARY

This work was tasked to describe the pressure sewerage systems with a focuses on the assessment of operation of the pressure sewerage system of the municipality Štěpánovice where it was used technology company NEPTUNE PRESSKAN village and handed over for operation in 2006. Operated system has a total length of 8708.5 m in dimension pipes PE 100 D 40-110, which is connected 160 pumping shaft. From the village Štěpánovice waste water is discharged displacement of 2.0 km long Předklášteří to the village, where the outlets, the gravity sewer. To monitor the amount of wastewater discharged from the village before the inlet to the gravity sewer pipe mounted on the pressure meter. On this pressure sewerage systems were evaluated in the pipeline pressure ratios, flow rates discharged waste water, waste water quality, system failure, and verification of the amount pumped sump pump. When evaluating pressure ratios were recorded in vacuum sewerage system pressure. This was measured in a pump pit at the end of the series and also was on the hill. Discharges of waste water drainage were evaluated for winter and summer periods in the weekly and daily cycle. Were determined by measuring the maximum hourly flow during discharge of wastewater from the village and found to increase the minimum hourly runou in the summer time, which ascribe the infiltration of rainwater into the leasing of gravitational connections and use the summer kitchen. Focus on evaluation of water quality was due to the occurrence of intermittent odor in waste water discharge into the gravity sewer in the village Předklášteří after starting operation. This odor is no longer present after three years of operation. Questioning the method of operation of the pressure sewerage and waste water analysis results created the idea that smell could be formed overload of poor waste water due to depletion of septic tanks and cesspools at their disposal. By evaluating the system failure was found that the biggest risk is part of the electronic level sensing and waste water pumping sumps due to wet, corrosive environment with occurrence of fat. Of findings should help in designing systems and pressure sewer operators to prepare for potential risks. This should lead to cost savings in the operation of pressure sewerage systems.